



**Universidade do Mindelo**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E RECURSOS DO MAR**

# **CURSO DE LICENCIATURA ENGENHARIA em ENERGIAS RENOVÁVEIS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Ano letivo 2016/2017 – 4º Ano**

**Tema: Alimentação elétrica da dessalinizadora de Preguiça São Nicolau, com recurso a energias renováveis**

**Autor: Valerik Cristiano Silva Soares N.º 3162**

**Orientador: Eng.º HIPÓLITO GOMES**

**Mindelo, 2018**



# **CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA EM ENERGIAS RENOVÁVEIS**

**RELATÓRIO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
ANO LETIVO 2017/2018 – 4.º ANO**

**Alimentação elétrica da dessalinizadora de Preguiça São Nicolau,  
com recurso a energias renováveis**

**AU T O R: VALERIK CRISTIANO SILVA SOARES, N.º 3162  
OR I E N T A D O R: ENGENHEIRO HIPÓLITO GOMES**

**Mindelo, 2018**

**Valerik Cristiano Silva Soares**

# **Alimentação elétrica da dessalinizadora de Preguiça, São Nicolau, com recurso a energias renováveis**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentada Universidade do Mindelo  
como parte dos requisitos para obtenção  
do grau de Licenciatura  
em Engenharia em Energia Renováveis

**Orientador:**

Eng.º HIPÓLITO GOMES

# Resumo

Este trabalho incide sobre o estudo de um projeto para alimentação da dessalinizadora da Ilha de São Nicolau recorrendo a fontes de energia renováveis. A dessalinizadora está localizada na localidade da Preguiça, uma das regiões da ilha de São Nicolau com maior potencial a nível de recursos endógenos. Em particular esta localidade tem uma das velocidades médias anuais do vento mais elevadas a nível do país, com um valor aproximado de 8,5 m/s.

É realizada uma discussão sobre qual das tecnologias renováveis que melhor se adapta ao projeto: tecnologia 1 – energia fotovoltaica; tecnologia 2 – energia eólica. Da discussão resulta a aposta na energia eólica, tecnologia 2, como fonte de energia para alimentação da central de dessalinização. A dessalinizadora funciona em regime de dois períodos distintos: período 1 – produção de água potável; período 2 – bombagem da água produzida. Estes dois períodos nunca se coincidem, pelo que a central eólica fornece energia para produção de água ou para bombagem de água.

Da análise dos resultados da potência e energia requerida pela instalação dessalinizadora resulta a definição de uma central eólica com dois aerogeradores com potência nominal de 250 kW cada. Caso haja uma produção de energia em excesso esta é vendida à rede elétrica.

É também contemplada uma análise financeira do retorno do investimento referente à produção de energia elétrica e ao valor de venda de energia à rede elétrica.

**Palavras-Chave:** Dessalinização, Energia eólica, Fontes renováveis, Bombagem de água

## **ABSTRACT**

This work focuses on the study of a project to feed the desalination plant of São Nicolau Island using renewable energy sources. The desalination plant is located in the Preguiça village, one of the regions of the Island with higher potential for exploitation of endogenous resources. Particularly, this village has one of the highest annual average wind speed all over the country, with a speed of around 8,5 m/s.

The work includes a discussion about the best renewable energy technology that fit to the project: technology 1 – photovoltaic power; technology 2 – wind power. As result of the discussion the choice is the use of wind power as source to feed the desalination plant. The desalination plant works in two distinct periods: period 1 – fresh water production; period 2 – fresh water pumping. This two periods does not work at the same time, so the wind farm feed energy to fresh water production or for fresh water pumping.

Analysis of results of power and energy requirements of the desalination plant is defined a wind farm with two wind turbines of rated power of 250 kW each. If there is an excess of production, the wind turbines inject energy in the main grid.

In addition, a financial study is done over the payback of the initial investment related to the energy production and the selling price of electric energy to the main grid.

**Key-words:** Desalination, Wind power, Renewable energy sources, Water pumping

## **Agradecimentos**

A Deus por ter-me dado saúde e força para superar as dificuldades, ao meu orientador, Eng.º Hipólito Gomes, pelo suporte.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

A todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

# Índices

1. Introdução.....	1
1.1. Justificativa.....	2
1.2. Objetivo.....	2
2. Caracterização da central elétrica da ilha de São Nicolau .....	2
2.1. Introdução.....	2
2.2. Central elétrica.....	3
2.3. Rede de distribuição de eletricidade da ilha de São Nicolau .....	3
2.4. Diagrama de carga da ilha de São Nicolau .....	4
2.5. Posto de transformação da dessalinizadora .....	4
3. Característica do sistema de produção de água por dessalinização de Preguiça.....	5
3.1. Dessalinização da água.....	5
3.2. Constituição do sistema .....	6
3.3. Cálculos de custo de produção de água com energia elétrica.....	6
3.4. Cálculos de custo de bombagem de água com energia elétrica.....	7
3.5. Preço de venda da água .....	8
4. Energias renováveis .....	9
4.1. Energia Solar.....	9
4.2. Energia Eólica .....	10
4.3. Energia Hídrica .....	10
4.4. Energia da Biomassa.....	10
4.5. Energia Geotérmica.....	10
4.6. Energia dos Oceanos .....	10
4.7. Energia do Hidrogênio.....	11
4.8. Escolha do recurso renovável a ser implementado no projeto .....	11
5. Fundamentação teórica.....	14
5.1. Energia eólica .....	14
5.2. Recurso eólico .....	15
5.3. Origem do vento e sua classificação .....	15
5.4. Energia Eólica Disponível e Potência Extraída do Vento.....	20
5.5. Caracterização de um local .....	24
5.6. Sistemas Eólicos .....	26
5.7. Relação entre o diâmetro típico do rotor e a potência nominal da turbina .....	27
5.8. Tipos de Aerogeradores para Geração de Energia Elétrica .....	28
5.9. Transmissão e Caixa Multiplicadora.....	30



5.10.	Como funciona um aerogerador .....	30
5.11.	Mecanismo de Controlo .....	32
5.12.	Gerador .....	35
5.13.	Aplicações dos Sistemas Eólicos.....	36
5.14.	Qualidade da Energia .....	39
5.15.	A Energia Eólica no Mundo .....	39
5.16.	A Energia Eólica em cabo verde .....	41
6.	Dimensionamento de sistema eólico.....	43
6.1.	Dados Do Fabricante .....	43
6.2.	Cálculo da potência extraída do vento da localidade de preguiça .....	45
6.3.	Cálculo da energia necessária para produção de água .....	48
6.4.	Cálculo da energia necessária para bombagem da água .....	48
6.5.	Controle da Qualidade da Energia .....	49
7.	Localização do parque eólico .....	50
7.1.	Ligação do parque eólico na rede elétrica .....	50
8.	Estudo da viabilidade económica do projeto .....	52
8.1.	Cálculo de amortização. ....	52
8.2.	Impacto do preço do kWh no custo de produção e na bombagem de água .....	53
10.	Bibliográfica.....	57
11.	Anexo.....	59
11.1.	Anexo A .....	59
11.2.	Anexo B.....	60

## Índice de figuras

Figura 1- Localização da central elétrica de São Nicolau. ....	3
Figura 2 - Osmose Inversa. ....	5
Figura 3 - Localização da dessalinizadora da Preguiça. ....	6
Figura 4 - Distância da bombagem. ....	7
Figura 5- Distribuição geral dos ventos. ....	16
Figura 6- Escoamento na zona envolvente de um obstáculo. ....	19
Figura 7- Efeito esteira. ....	19
Figura 8- Sensor de direção (esquerda) e anemómetro de copos (à direita). ....	26
Figura 9- Sistema eólica. ....	27
Figura 10- Evolução dos aerogeradores desde 1985 até 2005. ....	28
Figura 11- Rotor de eixo vertical. ....	29
Figura 12- Rotor de eixo horizontal. ....	30
Figura 13- Funcionamento de um aerogerador. ....	31
Figura 14- Instalações offshore. ....	32
Figura 15- Pá sobre ação do vento. ....	33
Figura 16- Pás sobre ação do vento. ....	34
Figura 17- Gerador convencional. ....	35
Figura 18- Gerador múltiplos. ....	36
Figura 19- Configuração de um sistema eólico isolado. ....	37
Figura 20- Configuração de um sistema híbrido solar-eólico-diesel. ....	38
Figura 21- Característica do MWT-250 (Mitsubishi). ....	43
Figura 22- Media da velocidade de vento da ilha de São Nicolau. ....	44
Figura 23- Localização do parque eólico. ....	50
Figura 24 – Ligação do parque eólico na rede elétrica. ....	51
Figura 25- Cálculos o preço da amortização. ....	52

## **ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela 1- Tarifário CMRB por escalão -----	9
Tabela 2- classificação dos ventos -----	18
Tabela 3- Ranking mundial 2011 (MW) -----	40

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Diagrama carga da ilha de São Nicolau do dia 15/03/2018. ....	4
Gráfico 2 – Relação da velocidade do vento X altura.....	17
Gráfico 3- Evolução do potencial de energia eólica instalada no mundo e sua projeção até o ano de 2020.....	41
Gráfico 4-Curva de potência MWT-250 (Mitsubishi). ....	44

## **ABREVIATURAS**

h	Horas
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CMRB	Câmara Municipal de Ribeira Brava
HAWT	Turbinas de eixo horizontal (sigla em inglês)
VAWT	Turbinas de eixo vertical (sigla em inglês)
PTP	Poste de transformação de preguiça
PE	Parque eólico
MT	Media tensão

## SÍMBOLOS

W	Watt
MW	Megawatt
MWh	Megawattthora
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt-hora
kVA	Kilovoltampere
€	Euro
m/s	Metro por Segundo
Cp	Coeficiente Aerodinâmico de Potência
GW	giggawatt
CO <sub>2</sub>	dióxido de carbono
A	área
TWh	terawatthora

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho aos meus pais Joaquim Soares e Joana Soares, grandes incentivadores. A minha irmã Eurizanda Soares e minha filha Isis Soares e minha namorada Érica Fortes, enfim à toda minha família, que nunca negou uma palavra de apoio. Ao amigo querido Isaías Gomes pelo apoio e compartilhar a sua sabedoria. Por fim, ao meu orientador Hipólito Gomes, que sempre teve muita paciência ao compartilhar a sua sabedoria.





## 1. Introdução

Desde a Revolução Industrial que a Humanidade depende da energia elétrica para sobreviver e se desenvolver. A sua produção teve inicialmente como única fonte os combustíveis fósseis, nomeadamente, o petróleo e o carvão. Com o passar dos anos, além da preocupação com a escassez a prazo destas fontes, foram levantadas questões ambientais, tendo sido iniciadas várias investigações de modo a reduzir o impacto da poluição associada à produção de energia elétrica, utilizando-se fontes de energia renovável, como a energia solar, a eólica e a hídrica.

O nosso país tem vindo a participar neste movimento de mudança para um novo paradigma energético com a incorporação das energias renováveis no seu “*mix*” energético.

Com isso é feita a introdução do conteúdo e conceitos de física utilizados nesse contexto juntamente com a interação do meio ambiente, também fazendo o aluno reconhecer como essas fontes chegam até suas residências.

As energias renováveis que gera energia elétrica tem uma grande importância por ser uma energia limpa com menor poluição e de grande abundância ajudando assim a vida da terra e de todos os seres vivos com uma riqueza natural e a energia gerada por combustível fósseis sendo esta mais cara na sua geração e utilização, visto que contribui para um aumento da emissão de dióxido de carbono para a atmosfera com um aumento do buraco de ozono, colocando em sérios riscos a comunidade da vida no planeta terra e gera com recursos não renováveis.

Neste trabalho final de curso, pretende-se apresentar, técnicas de alimentação da dessalinizadora em eletricidade, com recurso a energias renováveis, tendo em conta as dificuldades tidas pela CMRB em manter a dessalinizadora em produção, com o fim, primeiro, de tornar a exploração económica, mantendo o preço atual de venda de água à população, e segundo, de contribuir para a preservação do meio ambiente.

## **1.1. Justificativa**

A CMRB, dona da dessalinizadora de 1200m<sup>3</sup>/dia, situada na localidade da Preguiça, vem enfrentando problemas de exploração do equipamento com resultados altamente negativos, devido ao custo da energia elétrica. Sendo a água um bem indispensável à vida e ao desenvolvimento do município, a CMRB tem arcado com os custos negativos da exploração.

## **1.2. Objetivo**

### **1.2.1. Objetivo geral**

O objetivo é a redução dos custos da produção da dessalinizadora com recurso a uma energia mais barata e menos agressiva ao ambiente, permitindo a CMRB laborar com a dessalinizadora em regime rentável sem alterar os preços atuais da água no município da Ribeira Brava, alimentado pela dessalinizadora de Preguiça, São Nicolau, com recurso a energia eólica.

### **1.2.2. Objetivo específico**

- O1 Aplicar conhecimentos matemáticos, tecnológicos e instrumentais à engenharia;
- O2 Projetar simular e interpretar resultados;
- O3 Desenvolver o conhecimento na área da pesquisa;
- O4 Usar tecnologias de energia limpa para a elaboração do projeto;
- O5 Elaboração do meu projeto de conclusão do curso;
- O6 Avaliar a viabilidade económica de projetos de engenharia.

## **2. Caracterização da central elétrica da ilha de São Nicolau**

### **2.1. Introdução**

A ilha de São Nicolau é uma das ilhas do Barlavento de Cabo Verde. É uma ilha montanhosa com uma economia fundamentalmente agrícola, mas está sujeita a secas. Povoada pela primeira vez no século XVI, é conhecida pelas suas montanhas e pela principal cidade, Ribeira Brava, em tempos a sede da diocese de Cabo Verde. A sua outra cidade é a Cidade do Tarrafal. A ilha tem as coordenadas geográficas entre 16 29°N e 16 40°N e entre 24 00°W e 24 25°W, com uma área de total de 342 km<sup>2</sup>.

## 2.2. Central elétrica

A ilha de São Nicolau é abastecida de energia elétrica pela elétrica nacional ELECTRA concessionária do transporte, distribuição e venda de eletricidade em todo o país, desde 2000. A localização da central elétrica de São Nicolau é apresentada na Figura 1.



Figura 1- Localização da central elétrica de São Nicolau.

A central elétrica fica localizada na Cidade do Tarrafal, como apresentado na Figura 1, com uma potência instalada de 3500 kW e uma tensão de 20 kV.

Ela é constituída por 2 grupos eletrogéneos de marca Diesel PERKINS 4012-46TAG3A com 1000 kW cada. A esta potência acresce-se 1500 kW de outros três grupos eletrogéneos que estavam em funcionamento na cidade do Tarrafal, totalizando uma potência de 3500 kW. A rede de distribuição foi também ampliada e reforçada levando a eletricidade a novas localidades.

## 2.3. Rede de distribuição de eletricidade da ilha de São Nicolau

Quando a energia chega ao cliente já terá percorrido um longo caminho. Os comercializadores, para fazerem chegar a energia elétrica desde os centros produtores até aos seus clientes, utilizam a rede de transporte e a rede de distribuição. Com o crescimento demográfico e a consequente evolução dos consumos, a rede de distribuição tem sido reforçada e modernizada, de forma a dar respostas a estas exigências, garantindo sempre os necessários níveis de qualidade e minimizando as perdas nas redes. A rede de distribuição é constituída por linhas aéreas e cabos subterrâneos de alta, média e baixa tensão. As Subestações, a par de outros equipamentos como postos de seccionamento e de transformação

e instalações de iluminação pública, são também infraestruturas fundamentais da rede. A rede de transporte da ilha de São Nicolau tem uma tensão de 20 kV.

## 2.4. Diagrama de carga da ilha de São Nicolau

A ilha de São Nicolau é uma das ilhas com menor população e uma das ilhas com menor desenvolvimento, pelo que este facto reflete-se também a nível da energia, com um consumo inferior em relação às ilhas mais desenvolvidas. O diagrama de carga da ilha de São Nicolau é apresentado no Gráfico 1.

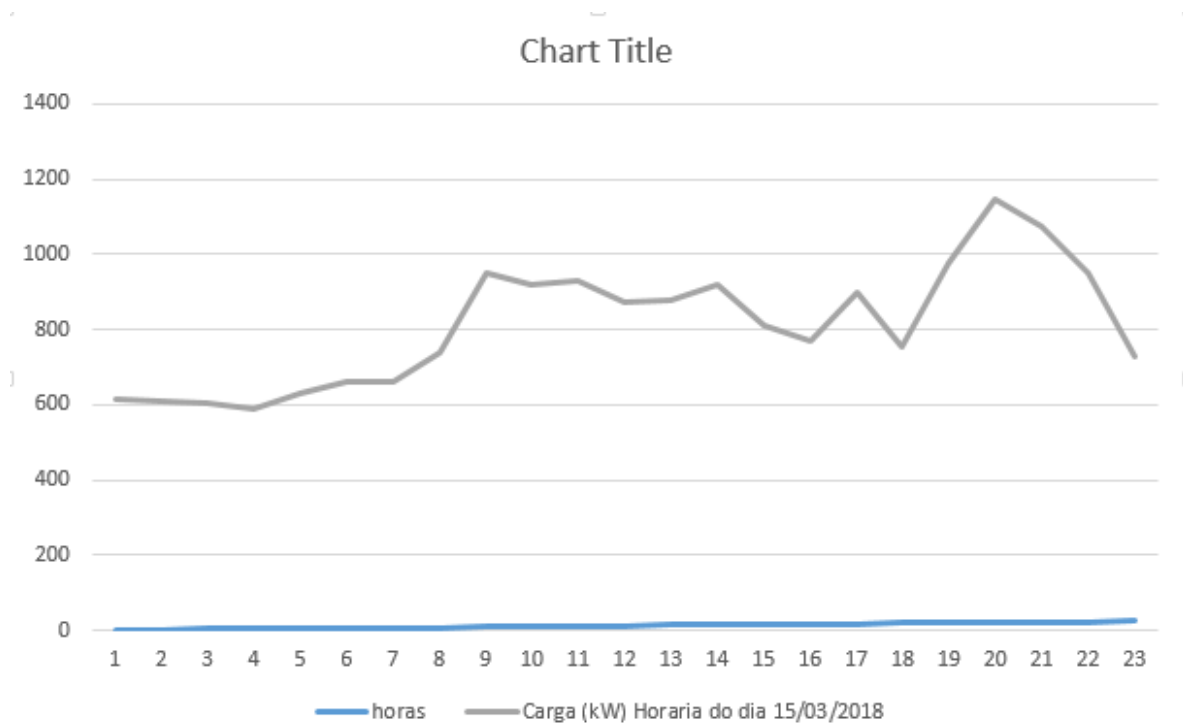


Gráfico 1- Diagrama carga da ilha de São Nicolau do dia 15/03/2018.

## 2.5. Posto de transformação da dessalinizadora

Os postos de transformação são instalações onde se procede à transformação da energia elétrica de média tensão para baixa tensão, alimentando a rede de distribuição de baixa tensão.

Um posto de transformação é constituído essencialmente por três componentes:

- C1 Equipamentos de interrupção/seccionamento e proteção.
- C2 Um ou mais transformadores, responsáveis pela transformação da média tensão para baixa tensão;

C3 Quadro geral de baixa tensão, de onde partem os diversos ramais da rede baixa tensão.

A instalação está alimentada em baixa tensão, a partir de um posto de transformação de 315 kVA.

### **3. Característica do sistema de produção de água por dessalinização de Preguiça**

#### **3.1. Dessalinização da água**

A dessalinização da água do mar trata-se do uso de processos físico-químicos para a retirada do sal da água. Alguns desses processos são destilação, congelamento e osmose inversa.

No caso da dessalinizadora da Preguiça trata-se de osmose inversa. A osmose é a passagem de solvente por uma membrana semipermeável para uma solução concentrada. Mas se aplicarmos uma pressão bastante elevada (acima da pressão osmótica), ocorrerá o processo inverso, ou seja, o solvente da solução concentrada passará pela membrana e irá em direção ao solvente puro. Assim, se colocarmos água do mar de um lado e água pura de outro, separando-as por uma membrana semipermeável, podemos aplicar uma pressão elevada (bem superior a 30 atm, que é a pressão osmótica da água do mar) sobre a água do mar. O resultado será a osmose inversa, ou seja, as moléculas da água salgada irão em direção à água pura, afastando-se dos seus sais. Um dispositivo de dessalinização por osmose inversa é apresentado na Figura 2.



Figura 2 - Osmose Inversa.

### 3.2. Constituição do sistema

A unidade de dessalinização na linha costeira da Preguiça, ela tem uma capacidade de produzir 1200 m<sup>3</sup> de água por dia. A sua dessalinização é feita por osmose inversa, com uma potência de 200 kW e um bomba de furo de 55 kWh onde se retira a água do mar para ser dessalinizada. Juntamente dela tem uma estação de bombagem com duas bombas funcionando uma de cada vez com potência de 90 kW. A localização da dessalinizadora da Preguiça é apresentada na Figura 3.



Figura 3 - Localização da dessalinizadora da Preguiça.

### 3.3. Cálculos de custo de produção de água com energia elétrica

Durante o estágio feito na dessalinizadora da preguiça foram realizadas leituras ao contador para a determinação da energia gasta para produção de água potável. Considerando que para 10 horas eram precisas 1522 kWh de energia para produção podemos determinar quando custa produzir 1 m<sup>3</sup> de água, sabendo que preço de 1 kWh em média tensão com contagem em baixa tensão é de 21\$38:

$$E_{P500m^3} = 1522kWh$$

$$E_{P1m^3} = \frac{E_{P500m^3}}{500}$$

$$E_{P1m^3} = 3,044 kWh/m^3$$

Se para produzir 1 m<sup>3</sup> de água, gasta-se 3,044 kWh podemos calcular quanto custa produzir esse 1 m<sup>3</sup> dado por:

$$Custo_{P1m^3} = E_{P1m^3} * Custo_{1 kWh}$$

$$Custo_{P1m^3} = 3,044 * 21\$38$$

$$\llbracket Custo \rrbracket_{(P1m^3)} = 65\$08$$

### 3.4. Cálculos de custo de bombagem de água com energia elétrica

A distância de bombagem da dessalinizadora da Preguiça para a localidade do Caleijão é apresentado na Figura 4.



Figura 4 - Distância da bombagem.

Durante o estágio feito na dessalinizadora da preguiça foram realizadas leituras ao contador para a determinação da energia gasta para bombear a água potável. Considerando que para 6 horas foram gastos 974 kWh de energia para bombagem de 240 m<sup>3</sup>, até a zona de Caleijão, como pode-se observar na Figura 4, cerca de 9 km de distância, podemos determinar quando custa bombear 1 m<sup>3</sup> de água até Caleijão onde ela é distribuída em gravidade, sabendo que 1 kWh média tensão com contagem em baixa tensão é de 21\$38:

$$E_{B240m^3} = 974 \text{ kWh}$$

$$E_{B1m^3} = \frac{E_{B240m^3}}{240}$$

$$E_{B1m^3} = 4,058 \text{ kWh/m}^3$$

Para bombear 1 m<sup>3</sup> de água da Preguiça até Caleijão, gasta-se 4,058kWh/m<sup>3</sup> pode-se assim dizer que ira custar:

$$Custo_{B1m^3} = E_{B1m^3} * Custo_{1\ kWh}$$

$$Custo_{B1m^3} = 4,058 * 21\$38$$

$$Custo_{B1m^3} = 86\$76$$

Portanto, para produzir água e bombear até Caleijão, onde a água será distribuída por gravidade, 1 m<sup>3</sup> ira custar:

$$Custo_{T1m^3} = Custo_{P1m^3} + Custo_{B1m^3}$$

$$Custo_{T1m^3} = 151\$84$$

Vendo na Tabela1- o Tarifário por escalão pode que constatar que preço para produzir e bombar a água é quase igual ao preço que é cobrado por 1m3 em eletricidade sabendo precisa dessalinizadora tem que ter (técnicos, guardas, produtos químicos para dessalinização e manutenção). Sabendo que o custo da eletricidade representa aproximadamente em Cabo Verde 65% dos custos de produção e distribuição pelo processo de osmose inversa, no caso deste estudo, podemos ver que para produzir e bombar a água da Preguiça até Caleijão, 1 m<sup>3</sup> custa em energia elétrica convencional é de 151\\$84/m<sup>3</sup>. Atendendo que a média de consumo no município de Ribeira Brava situa-se no escalão de 6 a 10 m3/mês, pelos custos de produção e distribuição a exploração do dessalinizador não é sustentável. Nestas condições apenas o recurso a uma energia mais barata poderá dar sustentabilidade ao projecto de dessalinização de Preguiça. Portanto podemos baixar a fatura recorrendo as energias renováveis.

### **3.5. Preço de venda da água**

O preço de venda da água praticado na Cidade da Ribeira Brava, para cada escalão de consumo, é apresentado na Tabela 1.



Tabela 1- Tarifário CMRB por escalão

Escalão	Preço
0 a 5m <sup>3</sup>	150\$00
6 a 9m <sup>3</sup>	190\$00
11 a 15m <sup>3</sup>	260\$00
16 a 20m <sup>3</sup>	310\$00
Superior a 20m <sup>3</sup>	350\$00

## 4. Energias renováveis

Energia renovável é aquela que vem de recursos naturais que são naturalmente reabastecidos, como sol, vento, chuva, marés e energia geotérmica. É importante notar que nem todo recurso natural é renovável, por exemplo, o urânio, carvão e petróleo são retirados da natureza, porém existem em quantidade limitada.

Energia renovável é a energia obtida de fontes que regeneram-se espontaneamente ou através da intervenção adequada do homem. O rápido esgotamento das fontes de energia, principalmente de energia fóssil, o aumento do consumo de combustíveis, a contaminação do meio ambiente, são alguns motivos que levam a humanidade a buscar opções de energia mais abundantes e menos poluentes chamadas de energias alternativas ou renováveis. São exemplos a energia solar, eólica, hidráulica, de biomassa, geotérmica, energia dos oceanos e energia de hidrogênio.

### 4.1. Energia Solar

Energia solar é uma fonte de energia limpa e barata. Sua utilização não traz danos para o ambiente e representa uma opção bastante viável. As estações de captação ou painéis solares de energia já são usados amplamente para o aquecimento de água e a obtenção de eletricidade em diversos países, entre eles, Israel, França e Estados Unidos.

## **4.2. Energia Eólica**

A energia eólica é a energia dos ventos, é abundante fonte de energia renovável e disponível em todos os lugares do mundo. É gerada por meio de aerogeradores, onde a força dos ventos é captada por hélices ligadas a uma turbina que aciona um gerador elétrico. Diversos países já fazem uso da energia eólica, entre eles, Estados Unidos (Califórnia), Dinamarca, Grécia, China, Holanda, no Brasil etc.

## **4.3. Energia Hídrica**

A hidroeletricidade é obtida pelo aproveitamento do movimento da água dos rios. A energia elétrica assim obtida é uma fonte não poluente e renovável. Os maiores impactos ambientais ocorrem na construção da central hídrica, com o represamento da água. Entre os países que mais produzem hidroeletricidade, estão Canadá, Brasil e China.

## **4.4. Energia da Biomassa**

A energia da biomassa é obtida através de tecnologias que permitem converter em energia uma variedade de produtos como plantas, excrementos, madeira, resíduos agrícolas e até o lixo. Os produtos são transformados em energia, por meio de combustão, gaseificação, fermentação ou na produção de substâncias líquidas. A biomassa pode ser convertida em eletricidade, calor e combustíveis. No Brasil, a cana-de-açúcar é utilizada para produção do etanol.

## **4.5. Energia Geotérmica**

A energia geotérmica é obtida através da energia que provem do calor do interior da Terra. São aproveitados as águas quentes e os vapores para a produção de eletricidade e calor. Próximo a superfície, a água subterrânea pode atingir temperaturas de ebulição e dessa forma servir para impulsionar turbinas para eletricidade e aquecimento.

## **4.6. Energia dos Oceanos**

A energia dos oceanos consiste na transformação da energia contida nas ondas do mar em energia elétrica. É uma energia limpa e renovável, já empregada em Portugal, Reino Unido, Japão e Noruega.

## **4.7. Energia do Hidrogênio**

A energia do hidrogênio é obtida da combinação do hidrogênio com o oxigênio, produzindo vapor de água e liberando energia que é convertida em eletricidade. Já existem protótipos de carros movidos a hidrogênio.

Dentre as fontes renováveis, a energia solar fotovoltaica e a energia eólica são as que merecem maior destaque, tanto pelo seu potencial de geração elétrica quanto pela capacidade instalada no mundo.

## **4.8. Escolha do recurso renovável a ser implementado no projeto**

A ilha de São Nicolau, e em particular a localidade da Preguiça é uma das regiões do país com maior potencial de exploração de recursos endógenos. A exploração da energia eólica ou da energia solar apresenta-se como uma possibilidade de negócio, bom como de aumento da penetração de fontes renováveis no mix energético nacional. Segundo o atlas de energias renováveis de Cabo Verde, a localidade da Preguiça apresenta uma das irradiâncias mais elevadas do país, do lado da energia solar. Ainda, segundo este atlas, a velocidade média do vento a rondar os 8,5 m/s é uma das mais elevadas do país, do lado da energia eólica. Desta forma, duas tecnologias são definidas como as escolhas óbvias para a concretização deste projeto:

T1 Energia Solar Fotovoltaica;

T2 Energia Eólica.

Cada uma destas tecnologias tem a sua particularidade, as suas vantagens e suas desvantagens, pelo que é importante fazer esta discussão de forma a identificar a que melhor se adequa ao projeto de alimentação da dessalinizadora da Preguiça por fontes renováveis.

De seguida é feita uma comparação entre as tecnologias exibindo as vantagens e desvantagens de cada uma.

### **4.8.1. T1 – Energia Solar Fotovoltaica**

A energia fotovoltaica apresenta as seguintes vantagens:

V1 É inesgotável;

- V2 A energia solar não polui durante o seu uso. A poluição é decorrente da fabricação dos equipamentos necessários para a construção dos painéis fotovoltaicos, além de ser totalmente controlável utilizando as formas de controlo existentes;
- V3 As centrais necessitam de manutenção mínima;
- V4 Os painéis fotovoltaicos são cada vez mais potentes ao passo que seu custo vem decaindo. Isso torna, cada vez mais, a energia solar fotovoltaica uma solução economicamente viável;
- V5 A energia solar é excelente em lugares remotos ou de difícil acesso, pois sua instalação em pequena escala não obriga a enormes investimentos em linhas de transmissão.

Em contrapartida esta tecnologia apresenta as seguintes desvantagens:

- D1 Existe variação nas quantidades produzidas de acordo com a situação climática (chuvas, neve), além de que durante a noite não existe produção alguma, o que obriga a que existam meios de armazenamento da energia produzida durante o dia em locais onde os painéis fotovoltaicos não estejam ligados à rede de transmissão de energia.
- D2 Locais em latitudes médias e altas sofrem quedas bruscas de produção durante os meses de inverno devido à menor disponibilidade diária de energia solar. Locais com frequente cobertura de nuvens tendem a ter variações diárias de produção de acordo com o grau de nebulosidade;
- D3 As formas de armazenamento da energia solar são pouco eficientes quando comparadas, por exemplo, aos combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás) e à energia hidroelétrica. Ainda, a aquisição dos dispositivos de armazenamento representa um valor muito elevado no investimento e instalação de um sistema fotovoltaico em baterias.
- D4 O rendimento dos painéis fotovoltaicos não ultrapassa os 25%;
- D5 Grande quantidade de energia para se fabricar os painéis, podendo superar até mesmo a energia gerada por ele;
- D6 Preço inicial elevado comparado a outras fontes de energia;

- D7 Exige uma quantidade considerável de espaço para a instalação dos painéis fotovoltaicos;

#### **4.8.2. T2 – Energia Eólica**

A energia eólica apresenta as seguintes vantagens:

- V1 É inesgotável;
- V2 Diminui a emissão de gases de efeito de estufa;
- V3 Os parques eólicos são compatíveis com outros usos e utilizações do terreno como a agricultura e a criação de gado;
- V4 Geração de investimento em zonas desfavorecidas;
- V5 Os aerogeradores não necessitam de abastecimento de combustível e requerem escassa manutenção, uma vez que só se procede à sua revisão em cada seis meses.

A energia eólica apresenta as seguintes desvantagens:

- D1 É altamente variável e intermitente;
- D2 Difícil armazenamento;
- D3 Poluição visual;
- D4 Impacto sobre as aves;
- D5 Impacto sonoro;
- D6 Instabilidade de rede.

Após a exposição das vantagens de cada uma das tecnologias podemos, desde logo, tirar uma conclusão: a energia eólica, embora intermitente e mais variável que a energia fotovoltaica, esta está sempre disponível para fornecer energia nas 24 horas do dia. Isto considerando que existe vento como os da média anual da localidade da Preguiça, a rondar os 8,5 m/s. Este facto favorece a escolha da energia eólica, na medida em que a central dessalinizadora funciona durante 24 horas. A velocidade média anual do vento ronda os 8,5 m/s, o que para um sistema eólico é um valor que permite a extração de uma grande quantidade de energia, relembrando que a potência disponível varia com o cubo da velocidade do vento. A localização do parque eólico está numa área com bastante espaço e sem impedimentos de árvores ou rochas, tendo portanto um comprimento de rugosidade considerado baixo, o que

favorece a instalação deste sistema. Uma análise mais detalhada das desvantagens da energia eólica permite fazer as seguintes considerações:

- C1 Poluição sonora – perfeitamente dentro dos limites do suportável com a nova geração de aerogeradores, em que é enorme o esforço de minimização do ruído;
- C2 Interferências eletromagnéticas – podem ser muito atenuadas ou inexistentes se for correta a planificação da sua localização. Embora o projeto em estudo se localize a poucos metros do Aeródromo da Preguiça esta interferência será reduzida ou inexistente;
- C3 Mortalidade de aves em zonas de migração – pode ser muito atenuada ou inexistente se for correta a planificação da sua localização. Pelo que foi possível constatar na localidade da Preguiça este impacto seria praticamente nulo ou mesmo inexistente;
- C4 Considerável efeito visual e paisagístico – pode ser diminuído tendo o cuidado de fazer a sua integração com a paisagem envolvente na fase de planeamento e escolha do local mais propício para a instalação do projeto. O projeto em estudo ficará localizado numa zona livre e sem impacto a nível da paisagem da localidade da Preguiça;
- C5 Instabilidade na rede – pode ser minimizada com duas hipóteses, através de sistemas de armazenamento, por exemplo, baterias ou através conversores eletrónicos de potência, de forma a obedecer aos limites técnicos vigentes.

Considerando o que foi exposto e dada a localização do projeto optou-se pela escolha da energia eólica para a alimentação da central dessalinizadora da Preguiça.

## **5. Fundamentação teórica**

### **5.1. Energia eólica**

A Energia eólica nada mais é que a produção de um movimento através do vento, semelhante à geração por usinas hidrelétrica através do escoamento da água por diferentes desníveis, a energia cinética é caracterizada pelo movimento do vento, mediante a movimentação de uma turbina produzindo energia elétrica baseada na diferença de potencial elétrico entre dois pontos, que permite estabelecer uma corrente elétrica entre eles. Eólico vem do latim *eolicus* relativo a elo na mitologia grega o deus dos ventos, assim relacionado ao vento.

A força dos ventos é uma fonte de energia já conhecida e utilizada há milhares de anos para girar as pás de moinhos e, assim, obter energia eólica. Agora, esse tipo de energia é pesquisado para gerar eletricidade. Atualmente, já existem no mundo cerca de 20 mil geradores que produzem eletricidade a partir da força do vento. Para que possamos estudar a energia eólica é importante antes conhecer a origem, a velocidade e a potência proporcionada pelo elemento gerador desse tipo de energia: o vento.

## **5.2. Recurso eólico**

A energia eólica provém da radiação solar uma vez que os ventos são gerados pelo aquecimento não uniforme da superfície terrestre. Uma estimativa da energia total disponível dos ventos ao redor do planeta pode ser feita a partir da hipótese de que, aproximadamente, 2% da energia solar absorvida pela Terra é convertida em energia cinética dos ventos. Este percentual, embora pareça pequeno, representa centena de vezes a potência anual instalada nas centrais elétricas do mundo. Os ventos que sopram em escala global e aqueles que se manifestam em pequena escala são influenciados por diferentes aspectos, entre os quais destacam-se a altura, a rugosidade, os obstáculos e o relevo. A seguir serão descritos os mecanismos de geração dos ventos e os principais fatores de influência no regime dos ventos de uma região.

## **5.3. Origem do vento e sua classificação**

A energia eólica provém da radiação solar uma vez que os ventos são gerados pelo aquecimento não uniforme da superfície terrestre. Uma estimativa da energia total dos ventos disponível ao redor do planeta pode ser feita a partir da hipótese de que aproximadamente 2% da energia solar absorvida pela Terra são convertidas em energia cinética dos ventos. Esse percentual, embora pareça pequeno, representa centena de vezes a potência anual instalada nas centrais elétricas do mundo.

O vento – atmosfera em movimento – tem sua origem na associação entre a energia solar e a rotação planetária. Todos os planetas envoltos por gases em nosso sistema solar demonstram a existência de distintas formas de circulação atmosférica e apresentam ventos em suas superfícies. Trata-se de um mecanismo solar-planetário permanente; sua duração é mensurável na escala de bilhões de anos, por esta razão, o vento é considerado fonte renovável de energia.

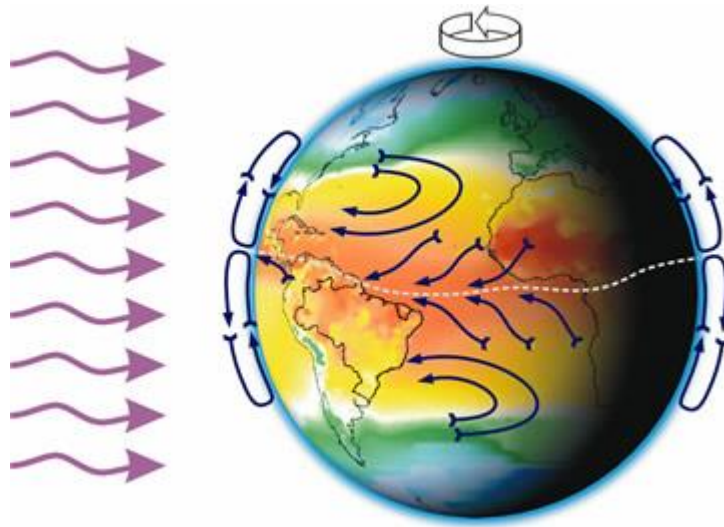


Figura 5- Distribuição geral dos ventos.

Existem locais no globo terrestre nos quais os ventos jamais cessam de “soprar”, pois os mecanismos que os produzem (aquecimento no equador e resfriamento nos pólos) estão sempre presentes na natureza. São chamados de ventos planetários ou constantes, e podem ser classificados em:

- V1 Alísios: ventos que sopram dos trópicos para o Equador, em baixas altitudes.
- V2 Contra-Alísios: ventos que sopram do Equador para os pólos, em altas altitudes.
- V3 Ventos do Oeste: vento que sopram dos trópicos para os pólos.
- V4 Polares: vento frio que sopram dos pólos para as zonas temperadas.

A diferença de temperatura entre a camada próxima da superfície da terra aquecida pelos raios solares e as camadas superiores da nossa atmosfera gera correntes convectivas. A energia da radiação solar, sendo responsável pelo movimento convectivo do ar, direciona as correntes da nossa atmosfera, que sobem no equador e descem nos polos, condensando vapores, precipitando energia sob a forma de chuva. As correntes ascendentes do equador são mais intensas do que as das outras zonas da terra, por isso produzem ventos de 30 a 50 km horários, e a rotação da Terra interfere na direção dos ventos, entre os polos e o equador, provocando uma resultante inclinada em relação a perpendicular pelo equador.



### 5.3.1. Velocidades médias e fluxos de potência eólica

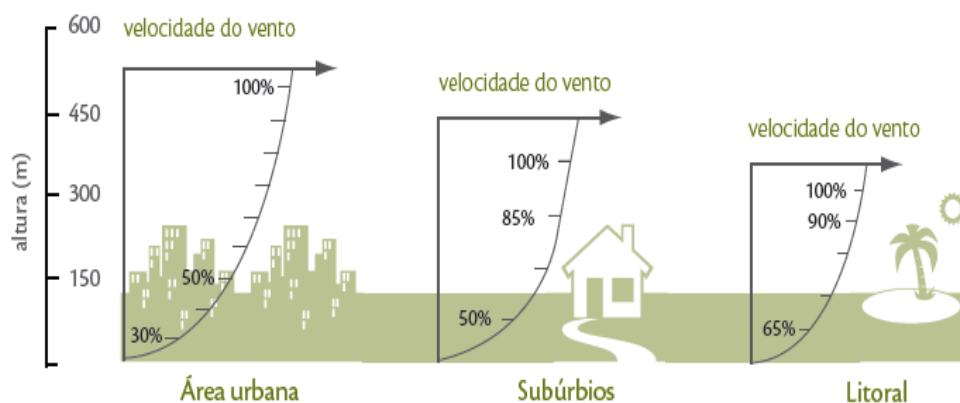


Gráfico 2 – Relação da velocidade do vento X altura.

Com esse esquema, podemos perceber que regiões que possuem construções elevadas como prédios só atingem velocidades razoáveis de vento após uma elevada altura. Já nas áreas em que só existem casas e pequenas construções, essa taxa diminui e, assim, em alturas um pouco menores já temos ventos satisfatórios. No último caso mostrado, ao nível do mar, se vê que os ventos já são muito mais rápidos em altitudes menos elevadas que nos exemplos anteriores.

### 5.3.2. Como avaliar a velocidade do vento

Por ser um fenômeno natural, o vento pode variar dependendo do dia e do estação do ano. Para um bom aproveitamento do vento não se deve ter nenhum obstáculo como morros, mata fechada, prédios etc. Observando a Tabela 2, poderá ter uma ideia de como é o vento na sua região.

Tabela 2- Classificação dos ventos

Escala	Denominação	Velocidade em m/s	Avaliação do vento em terra
0	Calmo	0 a 0,4 1,44 Km/h	Não se nota nenhum movimento nos galhos das árvores.
1	Quase calmo	0,5 a 1,5 1,8-5,4 Km/h	A direção da fumaça sofre um pequeno desvio.
2	Brisa leve	1,6 a 3,4 6-12 Km/h	As folhas são levemente agitadas.
3	Vento fresco	3,5 a 5,5 13-20 Km/h	As folhas ficam em agitação contínua.
4	Vento moderado	5,6 a 8 20,6-29 Km/h	Poeira e pedaços de madeira são levantados.
5	Vento regular	8,1 a 10,9 29-39 Km/h	As árvores pequenas começam oscilar.
6	Vento meio forte	11,4 a 13,9 41-50 Km/h	Galhos maiores ficam agitados.
7	Vento forte	14,1 a 16,9 50-60 Km/h	Torna-se difícil andar contra o vento.
8	Vento muito forte	17,4 a 20,4 61-73 Km/h	Fica impossível andar contra o vento.
9	Ventania	20,5 a 23,9 74-86 Km/h	Telhas podem ser arrancadas.
10	Vendaval	24,4 a 28 88-100 Km/h	Árvores são derrubadas.
12	Furacão	83,0 a 125 298-450 Km/h	Produzem efeitos devastadores.

### 5.3.3. Características especiais do vento

O vento é, como vimos, um escoamento com características especiais. Estas características têm de ser devidamente contabilizadas quando se pretende instalar um aproveitamento de energia eólica.

### 5.3.4. Obstáculos

Os obstáculos – edifícios, árvores, formações rochosas – têm uma influência significativa na diminuição da velocidade do vento, e são fontes de turbulência na sua vizinhança. A Figura (6) mostra o modo como o escoamento é afetado na área envolvente do obstáculo, podendo verificar-se que a zona turbulenta se pode estender até cerca de três vezes a altura do obstáculo, sendo mais intensa na parte de trás do que na parte da frente do obstáculo.

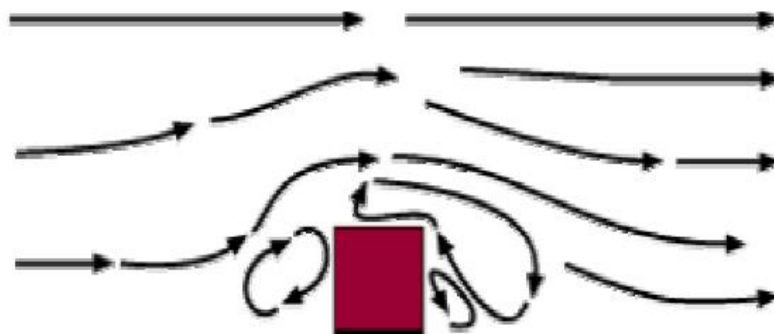


Figura 6- Escoamento na zona envolvente de um obstáculo.

### 5.3.5. Efeito de esteira

Outro aspeto a considerar é o chamado efeito de esteira. Uma vez que uma turbina eólica produz energia mecânica a partir da energia do vento incidente, o vento que “saí” da turbina tem um conteúdo energético muito inferior ao do vento que “entrou” na turbina. De facto, na parte de trás da turbina forma-se uma esteira de vento turbulento e com velocidade reduzida relativamente ao vento incidente. Esta Figura foi obtida injetando fumo branco no ar que passa através da turbina para mostrar a situação que se descreveu.



Figura 7- Efeito esteira.

### 5.3.6. Vento no mar

O vento apresenta condições particulares no mar (offshore). O facto de, em geral, a rugosidade do mar apresentar valores baixos, faz com que a variação da velocidade do vento com a altura seja pequena, e, portanto, a necessidade de haver torres elevadas não seja

premente. Por outro lado, o vento no mar é, normalmente, menos turbulento do que em terra, o que faz esperar uma vida útil mais longa para as turbinas. A experiência de parques eólicos em operação no mar da Dinamarca revela que o efeito dos obstáculos em terra, mesmo para distâncias superiores a 20 km, parece ser superior ao inicialmente previsto. Por outro lado, os resultados obtidos até ao momento indicam que o recurso eólico no mar poderá ser superior às estimativas disponíveis em cerca de 5 a 10%.

## 5.4. Energia Eólica Disponível e Potência Extraída do Vento

### 5.4.1. Energia eólica disponível

A “energia eólica” disponível representa a energia cinética associada a uma massa de ar quente que se desloca a uma velocidade uniforme  $u$  (m/s) é dada por:

$$E = \frac{1}{2}mu^2$$

Onde  $m$  é a massa de ar,  $u$  é a velocidade do vento. A energia eólica disponível  $E$  é dada em J.

A massa de ar que, por unidade de tempo,  $\dot{m}$ , atravessa a área  $A$  de uma secção transversal é dada por:

$$\dot{m} = \rho u A$$

Onde  $\rho$  é a massa específica do ar em condições de pressão e temperatura normais (1 atm, 15°C) com valor igual a 1.225 kg/m<sup>3</sup>,  $A$  é área de uma secção transversal dado em m<sup>2</sup>. Assim, podemos calcular a potência eólica disponível dada por:

$$P_{disp} = \frac{1}{2}(\rho u A)u^2$$

$$P_{disp} = \frac{1}{2}\rho A u^3$$

A potência eólica é a energia eólica disponível por unidade de tempo, isto é, dada em W.

O exemplo de um fluxo de através de uma área transversal  $A$  é apresentado na Figura 7.

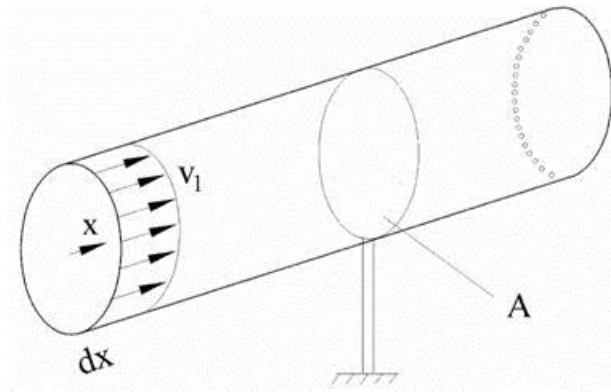


Figura 7- Fluxo de ar através de uma área transversal A.

#### 5.4.2. Densidade de Potência

A potencia eólica também pode ser dada em termos de densidade de potência  $DP$ , ou seja, a potência por unidade de uma área transversal de uma secção plana transversal à direção do vento é dada por:

$$DP = \frac{P_{disp}}{A} = \frac{1}{2} \rho A u^3$$

A densidade de potência é dada em  $m^2$ .

A  $DP$  aumenta 8 vezes quando a velocidade do vento duplica. Quando a velocidade do vento diminui para metade, a densidade de potência reduz para 12,5% do valor original.

#### 5.4.3. Potencia Extraída do Vento

Ao reduzir a velocidade do deslocamento da massa de ar, a energia cinética do vento é convertida em energia mecânica através da rotação das pás. A potência disponível no vento não pode ser totalmente aproveitada pelo aerogerador na conversão de energia elétrica. Para levar em conta esta característica física, é introduzido um índice denominado coeficiente de potência  $C_p$ , que pode ser definido como a fração da potência eólica disponível que é extraída pelas pás do rotor.

Para determinar o valor máximo desta parcela de energia extraída do vento ( $C_p$  máximo), o físico alemão Albert Betz considerou um conjunto de pás em um tubo onde  $u_1$ , representa a velocidade do vento na região anterior às pás,  $u_2$  a velocidade do vento no nível das pás e  $u_3$  a velocidade no vento após deixar as pás, conforme apresentado na figura 8.

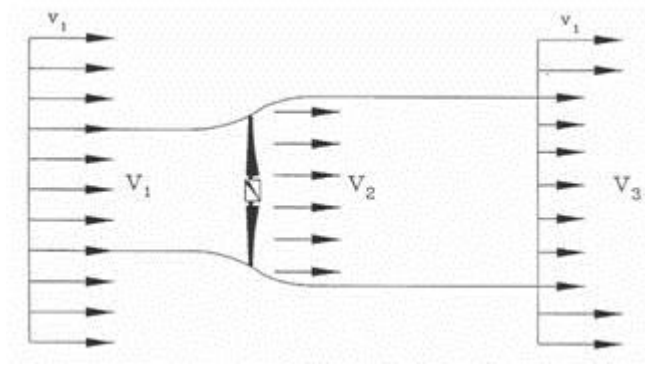


Figura 8- Perdas de velocidade do vento na passagem por um conjunto de pás.

Como na Figura 8, Betz assume um deslocamento homogêneo do fluxo de ar a uma velocidade  $u_1$  que é retardada pelo conjunto de pás, assumindo uma velocidade  $u_3$  a jusante das pás. Pela lei da continuidade, temos que:

$$\rho u_1 A_1 = \rho u_2 A_2 = \rho u_3 A_3$$

Como a redução da pressão do ar é mínima, a densidade do ar pode ser considerada constante. A energia cinética extraída  $E_{ext}$  pelo aerogerador é a diferença entre a energia cinética a montante e a energia cinética a jusante do conjunto de pás e é dada por:

$$E_{ext} = \frac{1}{2} m (u_1^2 - u_3^2)$$

Assim a potência extraída do vento  $P_{ext}$  é dada por:

$$P_{ext} = \frac{1}{2} \dot{m} (u_1^2 - u_3^2)$$

Sendo assim, é necessário fazer duas considerações extremas sobre a relação entre as velocidades  $u_1$  e  $u_3$ :

C1 - A velocidade do vento não é alterada, isto é  $u_1 = u_3$ . Neste caso nenhuma potência é extraída durante a passagem do vento;

C2 - A velocidade do vento é reduzida a valor zero  $u_3 = 0$ . Neste caso o escoamento de massa de ar é zero, o que significa também que nenhuma potência foi retirada durante a passagem do vento.

A partir das considerações C1 e C2, a velocidade referente ao máximo de potência extraída é um valor entre  $u_1$  e  $u_3$ . O valor da potência extraída pode ser calculado se a velocidade no rotor  $u_2$  é conhecida. Sendo que a massa de ar no rotor é dada por:

$$\dot{m} = \rho u_2 A$$

Usando o teorema de Rankine-Froude, podemos assumir que a relação entre as velocidades  $u_1, u_2, u_3$  é dada por:

$$u_2 = \frac{u_1 + u_3}{2}$$

Desta forma podemos encontrar a equação da potência extraída:

$$P_{ext} = \frac{1}{2} \rho A \left( \frac{u_1 + u_3}{2} \right) (u_1^2 - u_3^2)$$

Ainda, podemos definir a seguinte relação:

$$\frac{P_{ext}}{P_{disp}} = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{u_3}{u_1} \right) \left[ 1 - \left( \frac{u_3}{u_1} \right)^2 \right]$$

Esta relação é designada de Coeficiente de Potência. Assim, ela pode ser escrita na forma dado por:

$$C_p = \frac{P_{ext}}{P_{disp}}$$

De forma a identificar o valor máximo obtido nesta relação, ou seja, o  $C_p$  máximo, a derivada do  $C_p$  tem de ser igual a zero:

$$\frac{\partial \left( \frac{P_{ext}}{P_{disp}} \right)}{\partial \left( \frac{u_3}{u_1} \right)} = 0$$

Assim podemos obter a seguinte combinação:

$$\begin{cases} \left( \frac{u_3}{u_1} \right)_{otimo} = \frac{1}{3} \\ \left( \frac{P_{ext}}{P_{disp}} \right)_{Betz} = 0,59 \end{cases}$$

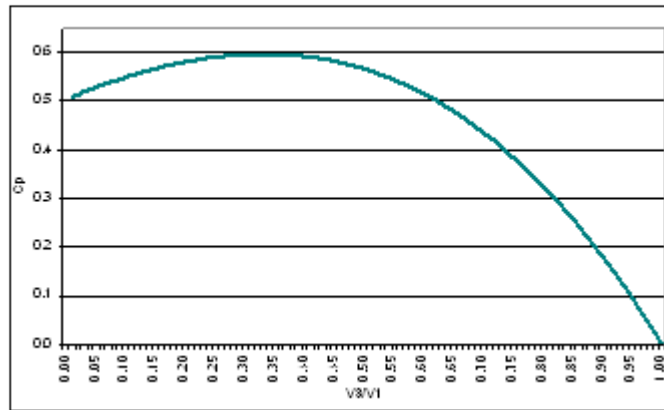


Figura 9 - Distribuição de  $C_p$  em função de  $\frac{u_3}{u_1}$ .

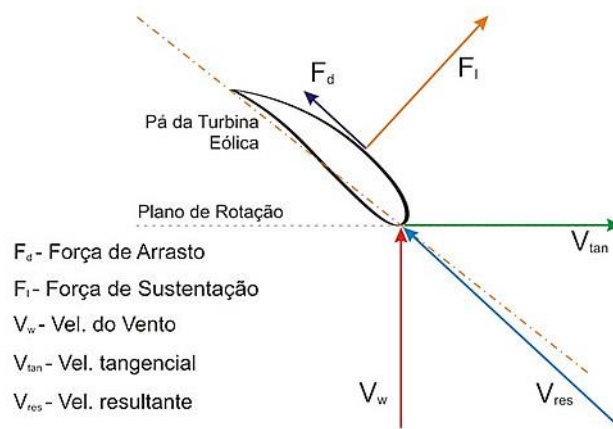


Figura 10 - Principais forças atuantes em uma pá de aerogerador.

A Figura 10 mostra as principais forças atuantes em uma pá do aerogerador, assim como os ângulos de ataque ( $\alpha$ ) e de passo ( $\beta$ ). A força de sustentação é perpendicular ao fluxo do vento resultante visto pela pá ( $u_{res}$ ), resultado da subtração vetorial da velocidade do vento incidente ( $u_w$ ) com a velocidade tangencial da pá do aerogerador ( $u_{tan}$ ), conforme a equação:

$$\vec{u}_{res} = \vec{u}_w - \vec{u}_{tan}$$

A força de arrasto é produzida na mesma direção de  $V_{res}$ . A resultante das componentes da força de sustentação e de arrasto na direção  $V_{tan}$ , produz o torque do aerogerador.

## 5.5. Caracterização de um local

### 5.5.1. Identificação de locais para instalar parques eólicos

A potência disponível no vento aumenta com o cubo da velocidade do vento, pelo que a implantação das turbinas em locais com ventos fortes e persistentes é um fator determinante



no sucesso económico da operação. A primeira etapa na escolha de locais potenciais consiste em aplicar algumas regras do senso comum:

- R1 Os topos das montanhas são, em geral, locais muito ventosos.
- R2 Os planaltos e as planícies elevadas podem ser locais com bastante vento, assim como as zonas costeiras.
- R3 Os vales são normalmente locais com menos vento, embora, por vezes, possam ocorrer efeitos de concentração local.

Os potencialmente locais interessantes podem ser identificados usando mapas adequados (cartas militares, por exemplo), e a sua escolha complementada com visitas aos locais. Se estiverem disponíveis mapas de Iso ventos (linhas de igual velocidade média anual do vento) eles devem ser usados para fazer uma primeira estimativa (grosseira) do recurso eólico. Contudo, é indispensável uma caracterização detalhada do sítio recorrendo a dados obtidos a partir de medições efetuadas no local escolhido.

#### **5.5.2. Medição do vento**

Idealmente, a caracterização do recurso eólico num local deve ser feita com base em medições realizadas em vários pontos da zona envolvente e ao longo de um número significativo de anos. Na prática, a falta de tempo e de recursos financeiros leva a que as decisões sejam muitas vezes baseadas num único registo medido ao longo de apenas um ano.

A medição do vento é feita com instrumentação específica: anemómetros e sensores de direção. É essencial que a instrumentação esteja bem exposta a todas as direções do vento, isto é, os obstáculos devem estar situados a uma distância de, pelo menos, dez vezes a sua altura.

A Figura 9 ilustra o tipo de anemómetro mais difundido, o chamado anemómetro de copos, e um sensor de direção. A principal desvantagem do anemómetro de copos reside no facto de a sua constante de tempo ser inversamente proporcional à velocidade do vento, isto é, aceleram mais rapidamente do que desaceleram.

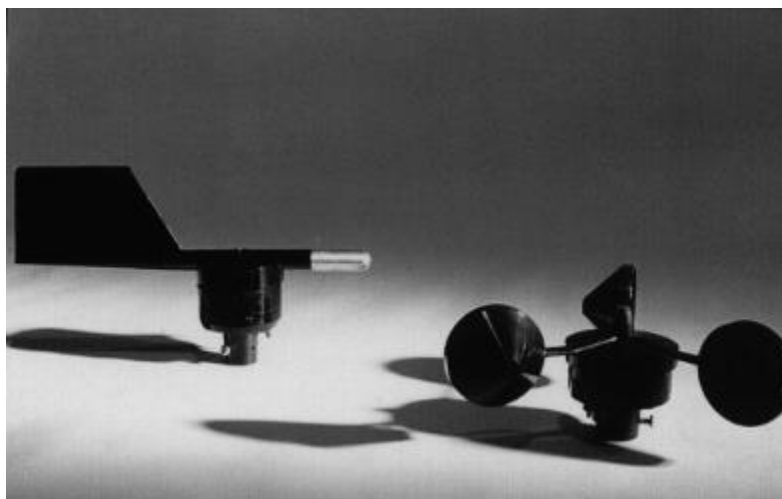


Figura 8- Sensor de direção (esquerda) e anemómetro de copos (à direita).

A medição do vento deve ser efetuada a uma altura próxima da altura a que vai ficar o cubo do rotor da turbina. Por forma a permitir correlacionar os dados do local com os registos existentes em estações meteorológicas próximas, ou para estimar o comprimento característico da rugosidade do solo –  $z_0$  –, é desejável uma medida adicional à altura normalizada de 10 metros. A frequência de amostragem depende do uso que vai ser feito dos dados. Tipicamente usam-se frequências da ordem das décimas ou unidades de Hertz, e as médias horárias são feitas com base em médias em intervalos de 10 minutos.

## 5.6. Sistemas Eólicos

Um sistema eólico é constituído por vários componentes que devem trabalhar em harmonia, de forma a propiciar um maior rendimento final. Para efeito de estudo global da conversão eólica devem ser considerados os seguintes componentes:

- C1 **Vento:** disponibilidade energética do local destinado a instalação do sistema eólico;
- C2 **Rotor:** responsável por transformar a energia cinética do vento em energia mecânica de rotação;
- C3 **Transmissão e Caixa Multiplicadora:** responsável por transmitir a energia mecânica entregue pelo eixo do rotor até a carga. Alguns geradores não utilizam este componente; nesse caso, o eixo do rotor é acoplado diretamente à carga;
- C4 **Gerador Elétrico:** responsável pela conversão da energia mecânica em energia elétrica;

- C5 **Mecanismo de Controle:** responsável pela orientação do rotor, controle de velocidade, controle da carga etc;
- C6 **Torre:** responsável por sustentar e posicionar o rotor na altura conveniente;
- C7 **Transformador:** responsável pelo acoplamento elétrico entre o aerogerador e a rede elétrica;
- C8 **Acessórios:** são os componentes periféricos.

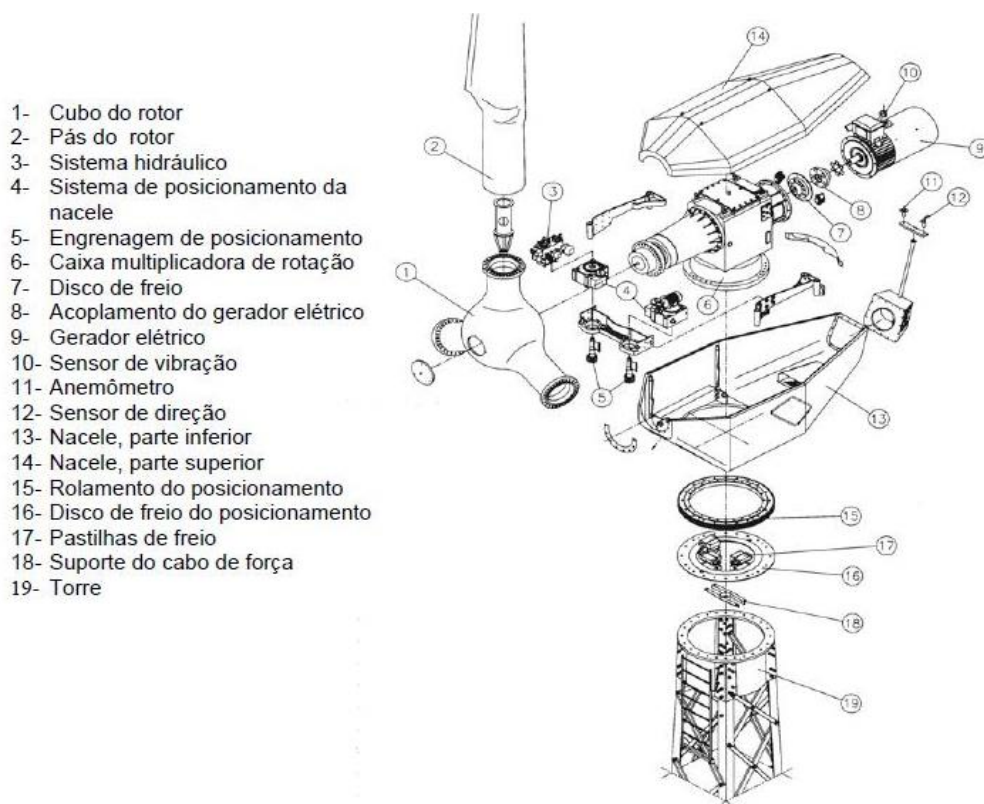


Figura 9- Sistema eólica

### 5.7. Relação entre o diâmetro típico do rotor e a potência nominal da turbina

O comércio de aerogeradores no mundo se desenvolveu rapidamente em tecnologia e tamanhos durante os últimos 15 anos. A figura 11 mostra o impressionante desenvolvimento do tamanho e da potência de aerogeradores desde 1985.

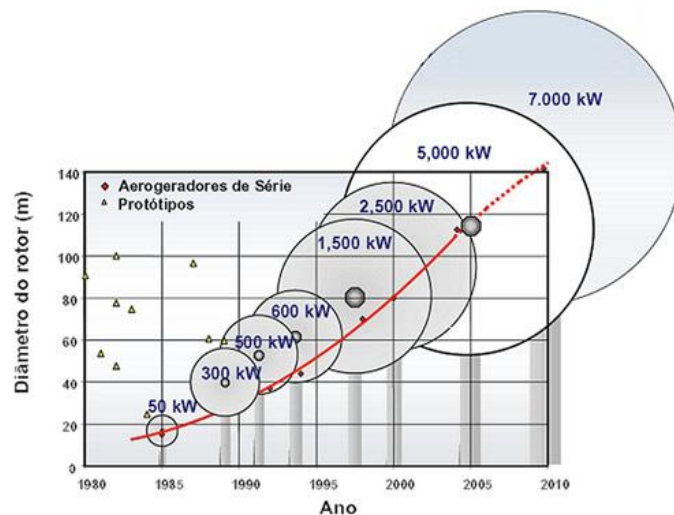


Figura 10- Evolução dos aerogeradores desde 1985 até 2005.

## 5.8. Tipos de Aerogeradores para Geração de Energia Elétrica

### 5.8.1. Turbinas de Eixo Vertical (VAWT)

Em geral, os rotores de eixo vertical têm a vantagem de não necessitarem de mecanismos de acompanhamento para variações da direção do vento, o que reduz a complexidade do projeto e os esforços devido às forças de Coriolis. Os rotores de eixo vertical também podem ser movidos por forças de sustentação (lift) e por forças de arrasto (drag). Os principais tipos de rotores de eixo vertical são Darrieus, Savonius e turbinas com torre de vórtices. Os rotores do tipo Darrieus são movidos por forças de sustentação e constituem-se de lâminas curvas (duas ou três) de perfil aerodinâmico, atadas pelas duas pontas ao eixo vertical.



Figura 11- Rotor de eixo vertical.

### 5.8.2. Turbina de Eixo Horizontal (HAWT)

Os rotores de eixo horizontal são os mais comuns, e grande parte da experiência mundial está voltada para a sua utilização. São movidos por forças aerodinâmicas chamadas de forças de sustentação (lift) e forças de arrasto (drag). Um corpo que obstrui o movimento do vento sofre a ação de forças que atuam perpendicularmente ao escoamento (forças de sustentação) e de forças que atuam na direção do escoamento (forças de arrasto). Ambas são proporcionais ao quadrado da velocidade relativa do vento. Adicionalmente, as forças de sustentação dependem da geometria do corpo e do ângulo de ataque (formado entre a velocidade relativa do vento e o eixo do corpo). Os rotores que giram predominantemente sob o efeito de forças de sustentação permitem liberar muito mais potência do que aqueles que giram sob efeito de forças de arrasto, para uma mesma velocidade de vento. Os rotores de eixo horizontal ao longo do vento (aerogeradores convencionais) são predominantemente movidos por forças de sustentação e devem possuir mecanismos capazes de permitir que o disco varrido pelas pás esteja sempre em posição perpendicular ao vento. Tais rotores podem ser constituídos de uma pá e contrapeso, duas pás, três pás ou múltiplas pás (multivane fans). Construtivamente, as pás podem ter as mais variadas formas e empregar os mais variados materiais. Em geral, utilizam-se pás rígidas de madeira, alumínio ou fibra de vidro reforçada.



Figura 12- Rotor de eixo horizontal.

### **5.9. Transmissão e Caixa Multiplicadora**

A transmissão, que engloba a caixa multiplicadora, possui a finalidade de transmitir a energia mecânica entregue pelo eixo do rotor até o gerador. É composta por eixos, mancais, engrenagens de transmissão e acoplamentos.

### **5.10. Como funciona um aerogerador**

Os aerogeradores, ou turbinas eólicas, são compostos por pás que giram com a força do vento, fazendo girar o eixo do gerador, ou seja, a energia cinética do vento é transformada em energia mecânica. Esta é depois convertida em eletricidade num gerador ligado ao eixo do rotor, onde estão inseridas as pás.



Figura 13- Funcionamento de um aerogerador.

A corrente elétrica produzida por um aerogerador é corrente contínua (CC), esta é alterada para corrente alternada (C A) para ser enviada a grandes distâncias de forma mais eficiente. Além das instalações em terra (onshore), as centrais eólicas também podem ser instaladas no mar (offshore), aproveitando os ventos fortes que se fazem sentir em zonas marítimas e a grande área disponível.”



Figura 14- Instalações offshore.

## **5.11. Mecanismo de Controle**

Os mecanismos de controle destinam-se a orientação do rotor, ao controle de velocidade, ao controle de carga etc. Pela variedade de controles, existe uma enorme variedade de mecanismos que podem ser mecânicos (velocidade, passo, freio), aerodinâmicos (posicionamento do rotor) ou eletrônicos (controle da carga). Devido a atuação das forças aerodinâmicas nas pás do rotor, uma turbina eólica converte a energia cinética do vento em energia mecânica rotacional. Essas forças aerodinâmicas são geradas ao longo das pás do rotor que necessitam de perfis especialmente projetados e que são muito similares aqueles usados para asas de aviões.

### **5.11.1. Controle de Passo – Pitch**

O controle de passo é um sistema de controle ativo, que normalmente necessita de um sinal do gerador de potência. Sempre quando a potência nominal do gerador for ultrapassada, devido ao aumento das velocidades do vento, as pás do rotor serão giradas em torno de seu eixo longitudinal, ou em outras palavras, mudam seu ângulo de passo para reduzir o ângulo de ataque do fluxo de ar. Esta redução do ângulo de ataque diminui as forças aerodinâmicas atuantes e, conseqüentemente, a extração de potência do vento pela turbina. Para todas as velocidades de vento superiores à velocidade nominal, que é a mínima que se necessita para gerar a potência nominal, o ângulo é escolhido de tal maneira que a turbina produza apenas a potência nominal.



Sob todas as condições de vento, o fluxo em torno dos perfis da pá do rotor é bem aderente à superfície, produzindo, portanto, sustentação aerodinâmica a pequenas forças de arrasto.

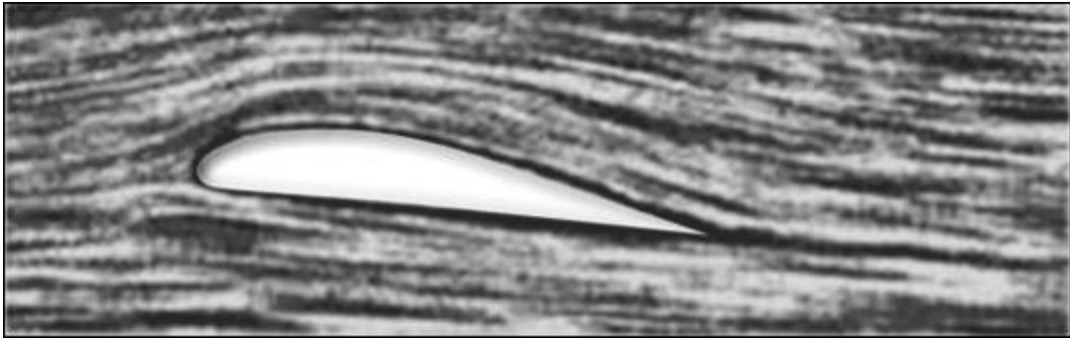


Figura 15- Pá sobre ação do vento.

Turbinas com controle de passo são mais sofisticadas do que as de passo fixo, controladas por estol porque estas necessitam de um sistema de variação de passo. Por outro lado, elas possuem certas vantagens:

- V1 Permitem controle de potência ativo sob todas as condições de vento, também sob potências parciais;
- V2 Alcançam a potência nominal mesmo sob condições de baixa massa específica do ar (grandes altitudes dos sítios, altas temperaturas);
- V3 Maior produção de energia sob as mesmas condições (sem diminuição da eficiência na adaptação ao estol da pá);
- V4 Partida simples do rotor pela mudança do passo;
- V5 Fortes freios desnecessários para paradas de emergência do rotor;
- V6 Cargas das pás do rotor decrescentes com ventos aumentando acima da potência nominal;
- V7 Posição de embandeiramento das pás do rotor para cargas pequenas em ventos extremos;
- V8 Massas das pás do rotor menores levam a massas menores dos aerogeradores;

### 5.11.2. Controle Estol

O controle de estol é um sistema passivo que reage à velocidade do vento. As pás do rotor são fixas em seu ângulo de passo e não podem ser giradas em torno de seu eixo longitudinal. O seu ângulo de passo é escolhido de tal maneira que para velocidades de ventos maiores que a nominal o fluxo em torno do perfil pá do rotor descola da superfície da pá (estol). Isto reduz as forças atuantes de sustentação e aumentam a de arrasto. Menores sustentações e maiores arrastos rotacionais atuam contra um aumento da potência do rotor. Para evitar que o estol ocorra em todas as posições radiais das pás ao mesmo tempo, uma situação que drasticamente reduziria a potência do rotor, as pás possuem certa torção longitudinal que a leva a um suave desenvolvimento do estol. Ob todas as condições de ventos superiores à velocidade nominal o fluxo em torno dos perfis das pás do rotor é, pelo menos, parcialmente descolado da superfície produzindo, portanto sustentações menores e forças de arrasto muito mais elevadas. Turbinas com controle estol são mais simples do que as de controle de passo porque elas não necessitam de um sistema de mudança de passo.

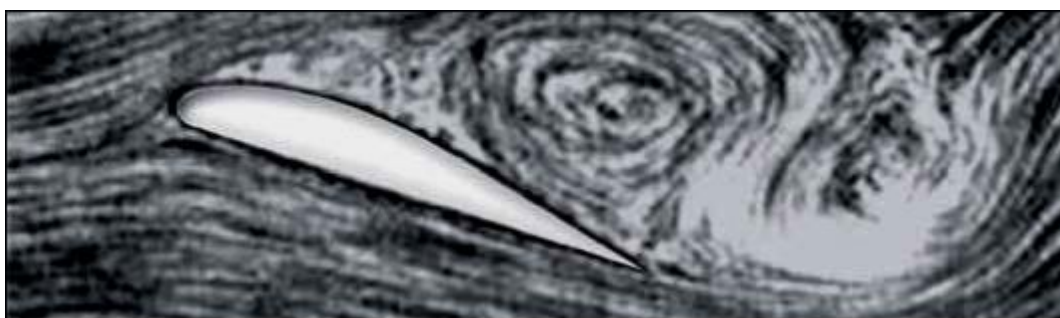


Figura 16- Pás sobre ação do vento.

Em comparação com os aerogeradores com controle de passo, eles possuem, em princípio, as seguintes vantagens:

- V1 Inexistência de sistema de controle de passo;
- V2 Estrutura de cubo do rotor simples;
- V3 Menor manutenção devido a um número menor de peças móveis;
- V4 Auto confiabilidade do controle de potência.

Em termos mundiais, o conceito de controle através de estol domina. A maioria dos fabricantes utiliza esta possibilidade simples de controle de potência, que sempre necessita uma velocidade constante do rotor, geralmente dada pelo gerador de indução diretamente acoplado à rede. Apenas nos dois últimos anos uma mistura de controle por estol e de passo

apareceu, o conhecido “estol ativo”. Neste caso, o passo da pá do rotor é girado na direção do estol e não na direção da posição de embandeiramento (menor sustentação) como é feito em sistema de passos normais. As vantagens deste sistema são:

- V1 São necessárias pequeníssimas mudanças no ângulo do passo  $V_{part}$ .  $V_{nominal}$  Velocidade do vento;
- V2 Possibilidade de controle da potência sob condições de potência parcial (ventos baixos);
- V3 A posição de embandeiramento das pás do rotor para cargas pequenas em situação de ventos extremos.

## 5.12. Gerador

A transformação da energia mecânica de rotação em energia elétrica através de equipamentos de conversão eletromecânica é um problema tecnologicamente dominado e, portanto, encontram-se vários fabricantes de geradores disponíveis no mercado. Entretanto, a integração de geradores no sistema de conversão eólica constitui-se em um grande problema, que envolve principalmente: variações na velocidade do vento (extensa faixa de rotações por minuto para a geração); variações do torque de entrada (uma vez que variações na velocidade do vento induzem variações de potência disponível no eixo); exigência de frequência e tensão constante na energia final produzida; dificuldade de instalação, operação e manutenção devido ao isolamento geográfico de tais sistemas, sobretudo em caso de pequena escala de produção (isto é, necessitam ter alta confiabilidade). Atualmente, existem várias alternativas de conjuntos moto-geradores, entre eles: geradores de corrente contínua, geradores síncronos, geradores assíncronos, geradores de comutador de corrente alternada. Cada uma delas apresenta vantagens e desvantagens que devem ser analisadas com cuidado na sua incorporação ao sistema de conversão de energia eólica.

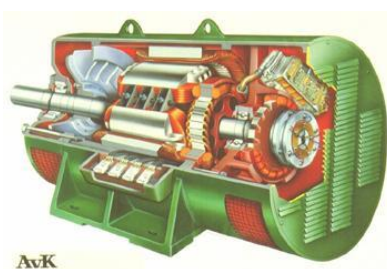


Figura 17- Gerador convencional.



Figura 18- Gerador múltiplos.

### **5.13. Aplicações dos Sistemas Eólicos**

Um sistema eólico pode ser utilizado em três aplicações distintas: sistemas isolados, sistemas híbridos e sistemas interligados à rede. Os sistemas obedecem a uma configuração básica, necessitam de uma unidade de controlo de potência e, em determinados casos, de uma unidade de armazenamento.

#### **5.13.1. Sistema isolado**

Os sistemas isolados, em geral, utilizam alguma forma de armazenamento de energia. Este armazenamento pode ser feito através de baterias, com o objetivo de utilizar aparelhos elétricos, ou na forma de energia gravitacional, com a finalidade de armazenar a água bombeada em reservatórios para posterior utilização. Alguns sistemas isolados não necessitam de armazenamento, como no caso dos sistemas para irrigação onde toda a água bombeada é diretamente consumida. Os sistemas que armazenam energia em baterias necessitam de um dispositivo para controlar a carga e a descarga da bateria. O controlador de carga tem como principal objetivo evitar danos à bateria por sobrecarga ou descarga profunda. Para alimentação de equipamentos que operam com corrente alternada (CA) é necessário a utilização de um inversor. Este dispositivo geralmente incorpora um seguidor do ponto de máxima potência necessário para otimização da potência produzida. Este sistema é usado quando se deseja utilizar eletrodomésticos convencionais.

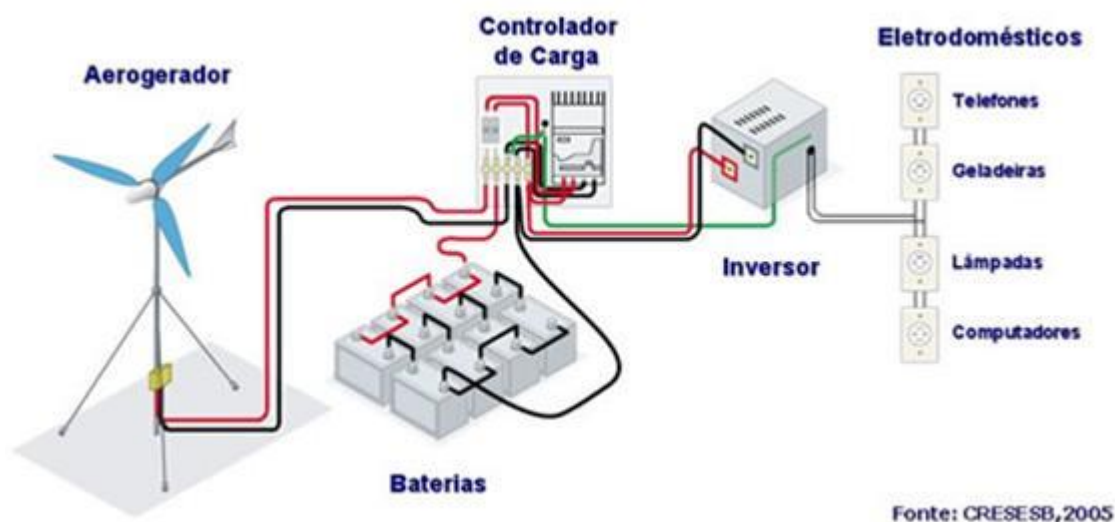


Figura 19- Configuração de um sistema eólico isolado.

### 5.13.2. Sistemas Híbridos

Os sistemas híbridos são aqueles que, desconectados da rede convencional, apresentam várias fontes de geração de energia como, por exemplo, turbinas eólicas, geração diesel, módulos fotovoltaicos, entre outras. A utilização de várias formas de geração de energia elétrica aumenta a complexidade do sistema e exige a otimização do uso de cada uma das fontes. Nesses casos, é necessário realizar um controle de todas as fontes para que haja máxima eficiência na entrega da energia para o usuário.

Em geral, os sistemas híbridos são empregados em sistemas de médio a grande porte destinados a atender um número maior de usuários. Por trabalhar com cargas em corrente alternada, o sistema híbrido também necessita de um inversor. Devido à grande complexidade de arranjos e multiplicidade de opções, a forma de otimização do sistema torna-se um estudo particular a cada caso.



Figura 20- Configuração de um sistema híbrido solar-eólico-diesel.

#### 5.13.3. Sistemas Interligados à Rede

Os sistemas interligados à rede utilizam um grande número de aerogeradores e não necessitam de sistemas de armazenamento de energia, pois toda a geração é entregue diretamente à rede elétrica.

#### 5.13.4. Sistemas Offshore

As instalações offshore representam a nova fronteira da utilização da energia eólica. Embora representem instalações de maior custo de transporte, instalação e manutenção, as instalações off-shore têm crescido a cada ano principalmente com o esgotamento de áreas de grande potencial eólico em terra.

A indústria eólica tem investido no desenvolvimento tecnológico da adaptação das turbinas eólicas convencionais para uso no mar. Além do desenvolvimento tecnológico, os projetos off-shore necessitam de estratégias especiais quanto ao tipo de transporte das máquinas, sua instalação e operação. Todo o projeto deve ser coordenado de forma a utilizarem os períodos onde as condições marítimas propiciem um deslocamento e uma instalação com segurança.

#### **5.14. Qualidade da Energia**

A qualidade da energia no contexto da geração eólica descreve o desempenho elétrico do sistema de geração de eletricidade do aerogerador, em que quaisquer perturbações sobre a rede elétrica devem ser mantidas dentro de limites técnicos estabelecidos conforme o nível de exigência imposto pelo gerente de operações da rede. Para a maior parte das aplicações de unidades eólicas, a rede pode ser considerada como um componente capaz de absorver toda a potência gerada por essas unidades, com tensão e frequência constantes. No caso, por exemplo, de sistemas isolados de pequeno porte, podem ser encontradas situações em que a potência elétrica fornecida pelo aerogerador alcance valores compatíveis com a capacidade da rede. Onde a rede é fraca, a qualidade da energia deve ser uma das principais questões a serem observadas sobre a utilização de aerogeradores (tamanho, tipo de controle etc.)

#### **5.15. A Energia Eólica no Mundo**

O alto custo da produção de energia, juntamente com as vantagens da energia eólica como uma fonte de energia renovável e amplamente disponível, tem levado vários países a estabelecer incentivos regulamentando e dirigindo investimentos financeiros para estimular a geração de energia eólica.

Os dois últimos estudos da Associação Mundial de Energia Eólica(WWEA, na sigla em inglês) mostram um crescimento do uso de energia eólica no mundo. Os trabalhos, que avaliaram os anos de 2010 e o primeiro semestre de 2011, revelam que, ao todo, 86 países já utilizam essa fonte renovável para a produção de energia elétrica. Entre eles, destaca-se a China, que se tornou o país com maior capacidade instalada, acrescentando 18.928 Megawatt (MW) em sua matriz em um ano, bem como o centro da indústria eólica internacional.

Até 2005 a Alemanha liderava o ranking dos países em produção de energia através de fonte eólica, mas em 2008 foi ultrapassada pelos EUA. Desde 2010, a China é o maior produtor de energia eólica. Em 2011 o total instalado nesse país ultrapassava os 62.000 MW (62 GW). Comparado com os 44.000 GW instalados até 2010, foi um aumento de 41%.

Somando todas as turbinas eólicas que foram instaladas até o final de 2010, tem-se a capacidade mundial de gerar 430 Terawatt-hora(TWh) anuais, mais que o total da demanda de eletricidade do Reino Unido, 6º economia do mundo. Para se ter uma idéia da magnitude da expansão desse tipo de energia no mundo, em 2007 a capacidade mundial foi de cerca de 59

GW, em 2008 cerca de 120 GW e, em 2009, 158 GW. Esse aumento da participação da energia eólica no mundo está relacionado a diversos fatores. Entre eles está a necessidade de os países poderem contar com uma fonte de energia segura. Além disso, o seu custo de instalação está diminuindo e ela é livre de emissão de CO<sub>2</sub> e outros gases poluentes, além dos menores impactos sobre o meio ambiente.

Em alguns países, a energia elétrica gerada a partir do vento representa significativa parcela da demanda. Na Dinamarca, ela representa 23% da produção, 6% na Alemanha e cerca de 8% em Portugal e na Espanha (dados de setembro de 2007). Globalmente, a energia eólica não ultrapassa o 1% do total gerado por todas as fontes.

Cenário atual: o crescimento do setor de energia eólica na China está sufocado por um acesso insuficiente aos grids de conexão, enquanto um cenário de desaceleração parece ter retornado aos EUA como resultado de incertezas sobre a expiração de programas de incentivo. Na Alemanha e na Itália, cortes de tarifa e desafios relacionados aos grids de conexão de energia têm reduzido a atratividade no curto prazo, enquanto o fim de um importante benefício fiscal na Índia deve prejudicar o crescimento do setor eólico neste ano. Por outro lado, diversos países, incluindo México e Chile, anunciaram novos objetivos em geração de energia limpa ou reafirmaram o apoio do governo por meio de incentivo. Apesar disso, a energia eólica instalada no mundo crescerá de modo significativo nas próximas décadas e será parte importante do portfolio de energia renovável de muitos países.

Tabela 3-Ranking Mundial 2011 (MW).

País	MW
China	62.733
USA	46.919
Alemanha	29.075
Espanha	21.673
Índia	15.800
Itália	6.747
França	6.640
Reino Unido	5.265
Canadá	4.290
Portugal	3.927
Suiça	2.816
Japão	2.501
Potencial instalado em 2011	



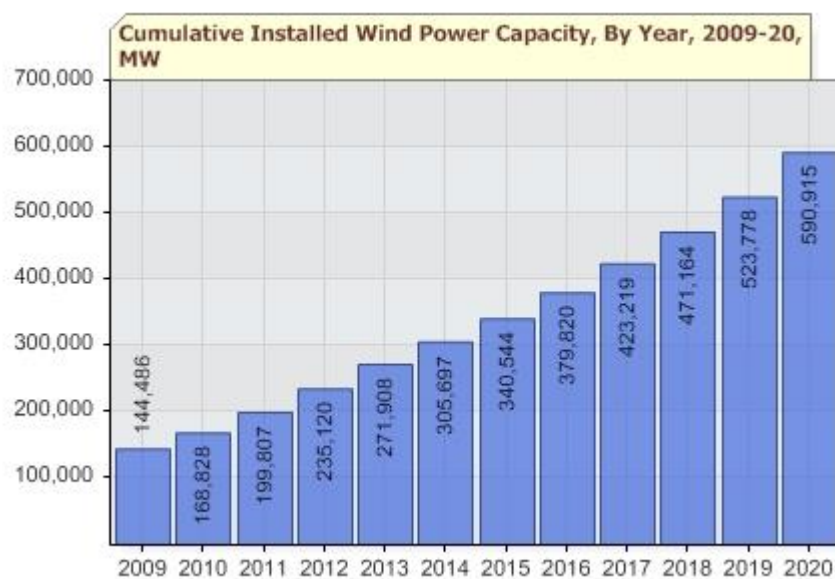


Gráfico 3- Evolução do potencial de energia eólica instalada no mundo e sua projeção até o ano de 2020.

### 5.16. A Energia Eólica em cabo verde

O arquipélago de Cabo Verde, com capital na Cidade da Praia (ilha de Santiago) tem uma superfície de 4.033 km<sup>2</sup> e uma população residente de 491.575 indivíduos. Situa-se a oeste do Continente Africano, entre os paralelos 15 e 17 graus de latitude norte e as longitudes de 22° 41' e 25° 22' Oeste de Greenwich. Localizadas em pleno Oceano Atlântico, ao largo do Senegal e da Mauritânia, está a uma distância de cerca de 455 km da Costa de África. Pelo facto de ficar muito próximo do Cabo Verde recebeu o nome de Arquipélago de Cabo Verde. É constituído por 10 ilhas (Santo Antão, São Vicente, Santa Luzia, São Nicolau, Sal, Boavista, Maio, Santiago, Fogo e Brava), sendo uma desabitada, a de Santa Luzia e vários ilhéus (Branco, Raso, Grande, Luís Carneiro, Cima os ilhéus do Rombo ou Secos, ilhéu dos Pássaros e ilhéu de Santa Maria), dispondo de um espaço marítimo exclusivo de mais de 600.000 km<sup>2</sup>.

As ilhas dividem-se em dois grupos, consoante a sua posição geográfica relativamente aos ventos dominantes: Barlavento, do lado que sopra o vento, (Santo Antão, São Vicente, Santa Luzia, São Nicolau e Sal, Boavista e os ilhéus os ilhéus Branco e Raso) e Sotavento, do lado oposto ao vento, (Brava, Fogo, Santiago, Maio e os ilhéus Grande, Luís Carneiro, Cima e os ilhéus do Rombo ou Secos e de Santa Maria).

### **5.16.1. Potencial Eólico em Cabo Verde**

Em Cabo Verde os primeiros passos dados na investigação e instalação de geradores eólicos foram dados pelo INIT. Em 1989 a ELECTRA instalou 10 aerogeradores, de 30 kW cada, em S. Vicente – Ribeira de Vinha. Em 1994, a ELECTRA procedeu à instalação de três parques eólicos com capacidade de 2x300 kW na ilha do Sal e 3x300 kW nas ilhas de S. Vicente e Santiago. Estes parques são compostos por aerogeradores da Nordtank de 300 kW, com regulação. Nos finais de 2011, a Vestes (multinacional ligada à energia eólica) assinou um contrato para o fornecimento de geradores eólicos que totalizassem a capacidade de 25,5 MW para Cabo Verde, especificamente para o projeto Cabeólico, que incluiu a construção de 4 parques nas ilhas de Santiago, Sal, São Vicente e Boavista. A Vestas instalou um total de trinta máquinas de 850 kW de potência uma parceria Público / Privada entre o Governo de Cabo Verde, ELECTRA & InfraCo. Em 2012, Cabo Verde, aparece destacado como país com grande aproveitamento do vento para a eletricidade, com uma produção de 8 MW de potência instalada. Os outros países apostam em turbinas eólicas também para outros fins. "Apesar do grande avanço da China, Cabo Verde é o país que mais cresceu, em média, na utilização de energia eólica", realça o Conselho Mundial de Energia Eólica, facto considerado pelo site especializado em fontes alternativas, CleanTechnical, como "fantástico para um país com um PIB tão baixo".

### **5.16.2. Parques eólicos em cabo verde**

A Cabeólica possui 4 Parques Eólicos em 4 ilhas Santiago, São Vicente, Sal e Boa Vista -com uma capacidade total instalada de 25,5 MW que são:

- P1 O parque eólico da ilha de Santiago está localizado na parte sul da Ilha, no Monte de São Filipe, perto da Cidade da Praia. Este parque ocupa cerca de 30 hectares de terra, e contém 11 turbinas eólicas, o que se traduz em uma capacidade instalada de 9,35 MW;
- P2 O parque eólico de ilha de são vicente está localizado na parte oeste da Ilha, na região de Selada de Flamengo, a cerca de 6 quilómetros da cidade do Mindelo. Ocupa cerca de 15 hectares de terra e contém 7 turbinas, tendo uma capacidade instalada de 5,95 MW;

- P3 O parque eólico da ilha do sal localizado na parte leste da Ilha, na região do Lajedo de Ribeira de Tarrafe, ocupando cerca de 32 hectares de terra e contendo 9 turbinas, representando uma capacidade instalada total de 7,65 MW;
- P4 O parque eólico da Ilha da Boa Vista Está localizado na parte noroeste da Ilha, na região do Morro da Vigia – Ponta do Sol. Este parque ocupa cerca de 18 hectares de terra e contém 3 turbinas, tendo uma capacidade instalada de 2,55 MW.
- P5 A ELECTRA possui três parques eólicos com capacidade de:  
 2x300 kW na ilha do Sal  
 3x300 kW nas ilhas de S. Vicente  
 3x300 kW na ilha de Santiago.
- P6 A Electra possui também:  
 2x250 kW na ilha de Santo Antão

## 6. Dimensionamento de sistema eólico

### 6.1. Dados Do Fabricante

Foi escolhido o aerogerador MWT-250 (Mitsubishi)



Figura 21- Característica do MWT-250 (Mitsubishi).

### 6.1.1. Curva de potência

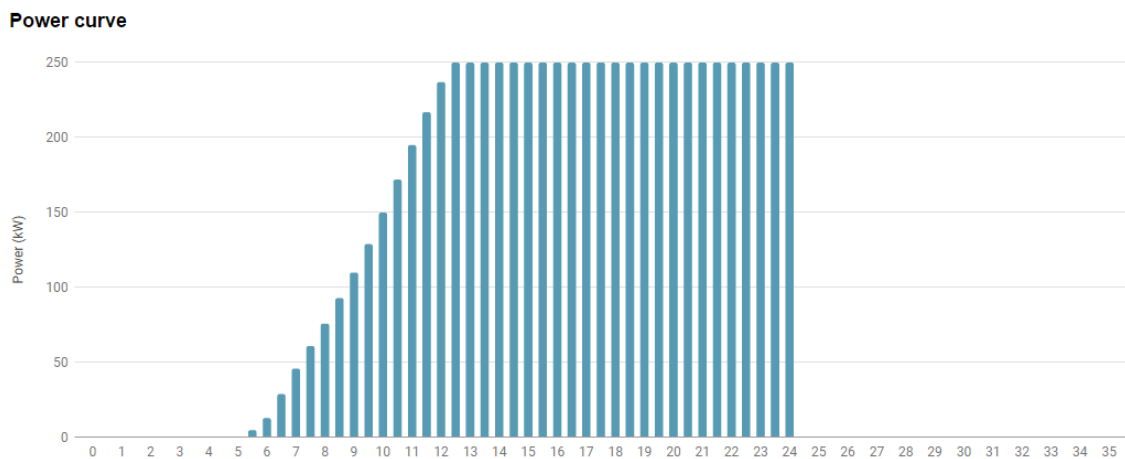


Gráfico 4-Curva de potência MWT-250 (Mitsubishi).

### 6.1.2. Recurso eólico da localidade de preguiça

Segundo o atlas das energias renováveis de cabo verde a localidade de preguiça ilha de são Nicolau tem a sua media de vento anual de 8.5m/s podendo ver isso na figura que mostra a velocidade média da ilha.

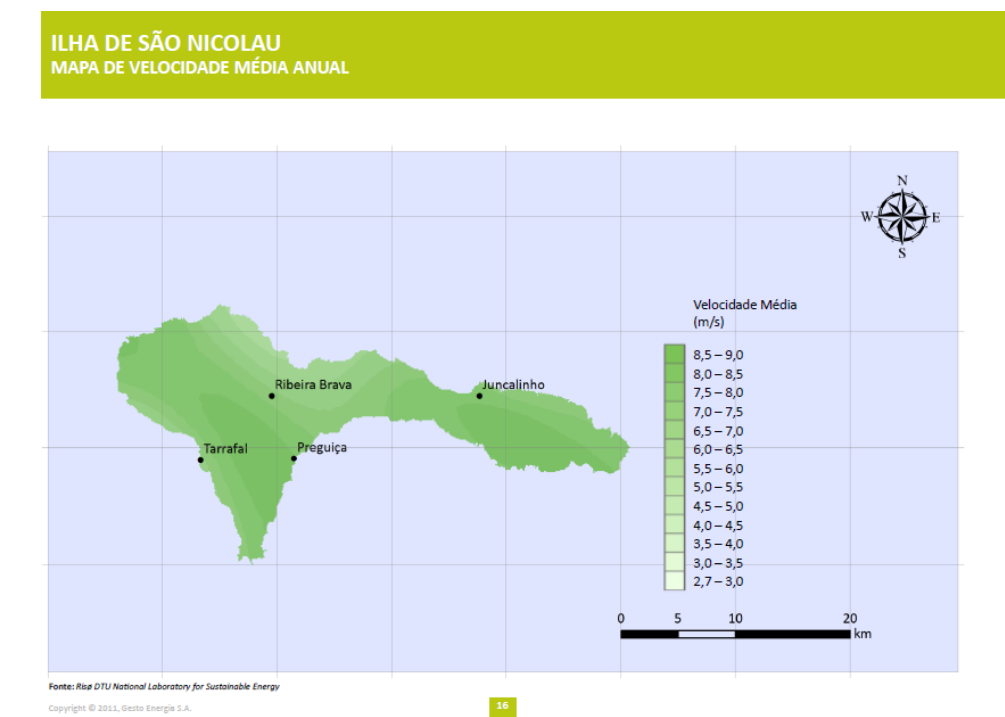


Figura 22- Media da velocidade de vento da ilha de são Nicolau.

## 6.2. Cálculo da potência extraída do vento da localidade de preguiça

### 6.2.1. Potencia eólica disponível nos terminais do gerador

Considerando que a velocidade média anual do vento na localidade da Preguiça é de 8,5 m/s, neste trabalho procedeu-se a uma aproximação na ausência de dados concretos de velocidade do vento. Assim será considerado que a velocidade média do vento ao longo de todos os meses será de 8,5. Essa consideração não invalida a qualidade dos resultados e poderá ser objeto de estudo num trabalho académico futuro.

Desta forma, a potência eólica disponível na localização deste projeto é dado por:

$$P_{disp} = \frac{1}{2} \rho A u^3$$

Considerando os dados do fabricante que apontam para um diâmetro do rotor de 28 m, a área de varrimento é dada por:

$$A = \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{\pi}{4} 28^2 = 615,752 \text{ m}^2$$

Considerando uma densidade  $\rho$  de 1,2256 kg/m<sup>3</sup>, a potência disponível  $P_{disp}$  é dada por:

$$P_{disp} = \frac{1}{2} 1,2256 \cdot 615,752 \cdot 8,5^3$$

$$P_{disp} = 193178,092 \text{ W} = 193,78092 \text{ kW}$$

#### 6.2.1. Coeficiente de Potência $C_p$

Tendo em conta a curva de potência do gerado MWT-250 Mitsubishi, a potência elétrica  $P_e$  nos terminais do aerogerador é de 93 kW, como é apresentado na Figura 10. Mais, sendo que a potência disponível  $P_{disp} = 193,78092 \text{ kW}$ , o  $C_p$  é dado por:

$$C_p = \frac{P_e}{P_{disp}} = \frac{93}{193,78092} = 0,48$$

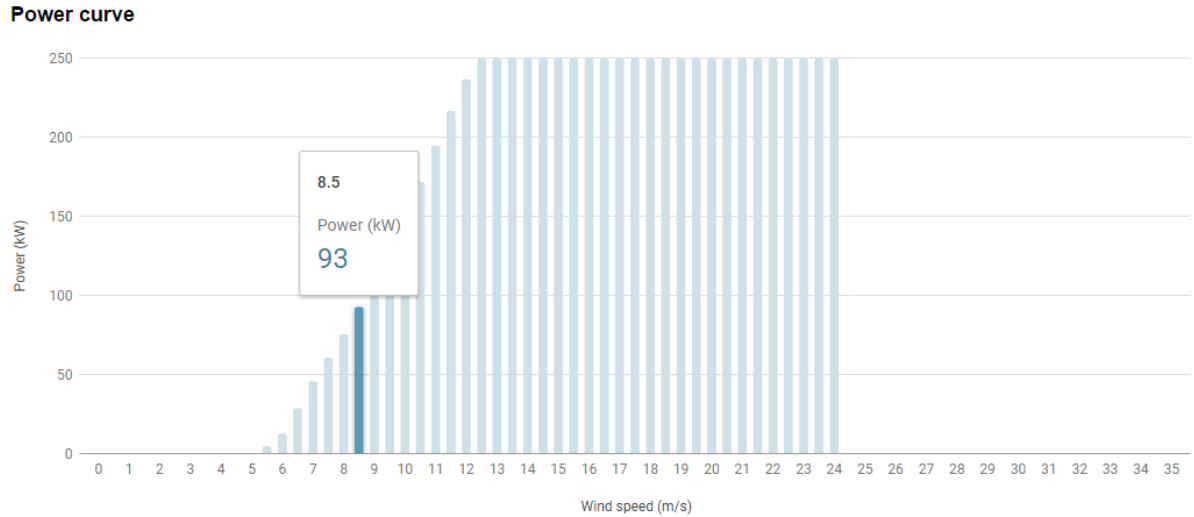


Figura 26 – Curva de potência do para MWT-250 (Mitsubishi): 8,5 m/s equivale a 93 kW.

### 6.2.2. Energia anual produzida pelo sistema eólica

O projeto terá dois aerogeradores de marca MWT-250 (Mitsubishi) ou seja (2\*250kW) perfazendo uma potência instalada de 500kW à potência nominal dos aerogeradores. Dois aerogeradores porque os geradores em poucas horas do ano funcionam á potência nominal.

A produção anual de energia é, de forma geral, dada por:

$$E_{anual} = 8760 \int_{u_0}^{u_{max}} f(u) P_e(u) du$$

Onde  $u_0$  é a velocidade de arranque,  $u_{max}$  é a velocidade de corte,  $f(u)$  é a densidade de probabilidade de velocidade e 8760 refere-se ao número de horas de um ano.

Considerando uma distribuição discreta de velocidades a  $E_{anual}$  pode ser aproximada a:

$$E_{anual} = \sum_{u_0}^{u_{max}} f_r(u) P_e(u)$$

Onde  $f_r(u)$  é a frequência relativa da velocidade do vento, dada por:

$$f_r(u) = 8760 f(u) \text{ em horas.}$$

Devido à ausência de dados consistentes de velocidade do vento, a  $E_{anual}$  será calculada de forma aproximada da seguinte forma:

$$E_{anual} = \sum_{t=1}^{8760} 2P_e(u)t$$

Onde  $t$  é a unidade de tempo, contando desde a primeira hora do ano até á ultima hora do ano que corresponde às 8760 horas. O fator 2 duplica a potência, que corresponde ao número de aerogeradores da instalação, que por sua vez duplica a energia anual.

Assim, a  $E_{anual}$  tem o valor dado por:

$$E_{anual} = \sum_{t=1}^{8760} 2 * 250(u)t$$

$$E_{anual} = 4380000 \text{ kWh}$$

Devido à ausência de dados consistentes de velocidade do vento, a  $E_{anual}$  será calculada de forma aproximada da seguinte forma:

$$E_{anual} = \sum_{t=1}^{8760} 2P_e(t)$$

Onde  $t$  é a unidade de tempo, contando desde a primeira hora do ano até á ultima hora do ano que corresponde às 8760 horas. O fator 2 duplica a potência, que corresponde ao número de aerogeradores da instalação, que por sua vez duplica a energia anual.

Assim, a  $E_{anual}$  para o caso dos aerogeradores funcionarem à potência máxima é dada por:

$$E_{anual} = \sum_{t=1}^{8760} 2 * P_{emax}(t)$$

$$E_{anual} = 4380000 \text{ kWh}$$

Como neste trabalho é considerado que a velocidade média do vento é de 8,5 m/s, que corresponde a uma potência de 93 kW para cada aerogerador, a  $E_{anual}$  para este caso de estudo é dado por:

$$E_{anual} = \sum_{t=1}^{8760} 2 * P_{e(8,5)}(t)$$

$$E_{anual} = 1629360 \text{ kWh}$$

### 6.3. Cálculo da energia necessária para produção de água

Durante o estágio feito na dessalinizadora da preguiça foram realizadas leituras ao contador para a determinação da energia gasta para produção de água potável. Considerando que para 10 horas eram precisas 1522 kWh de energia, podemos determinar a energia necessária numa hora dado por:

$$E_{10horas} = 1522kWh$$

$$E_{1hora} = \frac{E_{10horas}}{10}$$

$$E_{1hora} = \frac{1522kWh}{10}$$

$$E_{1hora} = 152,2kWh$$

Assim, são necessários 152,2 kWh de energia para cada hora de funcionamento da dessalinizadora no período de produção de água.

### 6.4. Cálculo da energia necessária para bombagem da água

Durante o estágio feito na dessalinizadora da preguiça foram realizadas leituras ao contador para a determinação da energia gasta para produção de água potável. Considerando que para 6 horas eram precisas 974 kWh de energia para bombagem, podemos determinar a energia necessária numa hora para bombagem dado por:

$$E_{6horas} = 974kWh$$

$$E_{1hora} = \frac{E_{6horas}}{6}$$

$$E_{1hora} = \frac{974kWh}{6}$$

$$E_{1hora} = 162,33kWh$$

#### 6.4.1. Considerações da energia eólica produzida

Assim, são necessários 163 kWh de energia para cada hora de funcionamento da dessalinizadora no período de bombagem.

Considerando uma velocidade media anual do vento de 8.5 m/s o aerogerador com essa velocidade ira produzir 93kWh numa hora. Por se considerar 2 aerogeradores então a energia



que será extraída do parque será de 186 kWh. Sabendo que os dois períodos (de produção e bombagem) não se realizam juntos, primeiro procede-se à produção de água e só depois ela é bombeada. Assim é possível concluir que o máximo que a dessalinizadora precisa é de 163 kWh. No entanto, sobra 23 kWh à velocidade do vento de 8.5 m/s. o vento por ser um recurso variável e intermitente, pode aumentar ou diminuir de velocidade, aumentando este valor remanescente assim sendo termos dois pontos importante que são:

- P1 As regras nacionais indicam que apenas 25 a 30% de energia eólica seja injetada na rede. Assim, serão controlados com aparelhos capacidades para nunca ultrapassar, e com média a 8,5 m/s de velocidade, a fasquia dos 25% nunca será ultrapassa e a energia poderá injetada na rede sem problemas podendo apenas injetar 250kWh nas horas de pico que é das 19 horas as 22 horas segundo o diagrama de carga da ilha.
- P2 Quanto não tiver vento o suficiente para alimentar a dessalinizadora entrará a elétrica ou seja terá que comprar na rede.

## **6.5. Controle da Qualidade da Energia**

Sabendo que funcionamento dos Geradores Eólicos origina problemas, de instabilidade da rede optarei por dois hipótese para minimizar o máximo essa instabilidade que são:

- H1 Sistema de armazenamento batarias;
- H2 Conversores eletrónicos de potência.

### **6.5.1. Sistema de armazenamento batarias**

Nesse sistema iria cria-se um banco de batarias com uma potência de 250kWh que entraria em funcionamento assim houver um param ou diminuição do vento assim a frequência iria manter sem causar flutuações na rede elétrica.

### **6.5.2. Conversores eletrónicos de potência**

- Fontes CA de Potência Programáveis

Fontes CA de potência (ACPS – AC power sources) são produtos adequados ao ensaio de equipamentos eletro-eletrónicos, possibilitando a realização de testes de conformidade. As ACPSs devem possuir a capacidade de sintetizar formas de onda de tensão monofásicas e/ou trifásicas, com componentes harmônicas, e, em alguns casos, com desequilíbrios

(especificamente em sistemas trifásicos). De um modo geral, a operação de uma ACPS pode ser pré-programada pelo usuário, incluindo variações de amplitude e/ou frequência bem como a inserção de componentes harmônicas.

## 7. Localização do parque eólico

De modo geral, a velocidade do vento aumenta com a altura e depende do que está construído nos arredores. Nas alturas mais baixas, ela é afetada pela fricção do vento com a superfície terrestre. Bosques ou áreas urbanas densas, por exemplo, podem abrandar muito o vento enquanto áreas abertas, têm influência quase nula. Por isso aerogeradores são normalmente instalados em torres elevadas e em zonas com menor obstáculos na sua frente. Levando todo isso em conta a escolha de local onde deve ser instalado um parque eólico é este como pode ver na figura 24 mantendo-se distantes dos edifícios onde não irá causar muitas problemas em termo de poluição sonora e praticamente não tem e nem terá eventuais obstáculos essa zona indicada e a que tem melhor regime de vento na localidade de preguiça.



Figura 23- Localização do parque eólico.

### 7.1. Ligação do parque eólico na rede elétrica

À semelhança de outros sistemas de produção os sistemas eólicos têm associados um conjunto de dispositivos de interface que garantem a sua ligação com a rede principal. A ligação na rede elétrica permite que a partir desse ponto a energia produzida saia com valores

dentro dos parâmetros legais. A ligação do parque eólico projetado coma rede elétrica é mostrada na Figura 25.

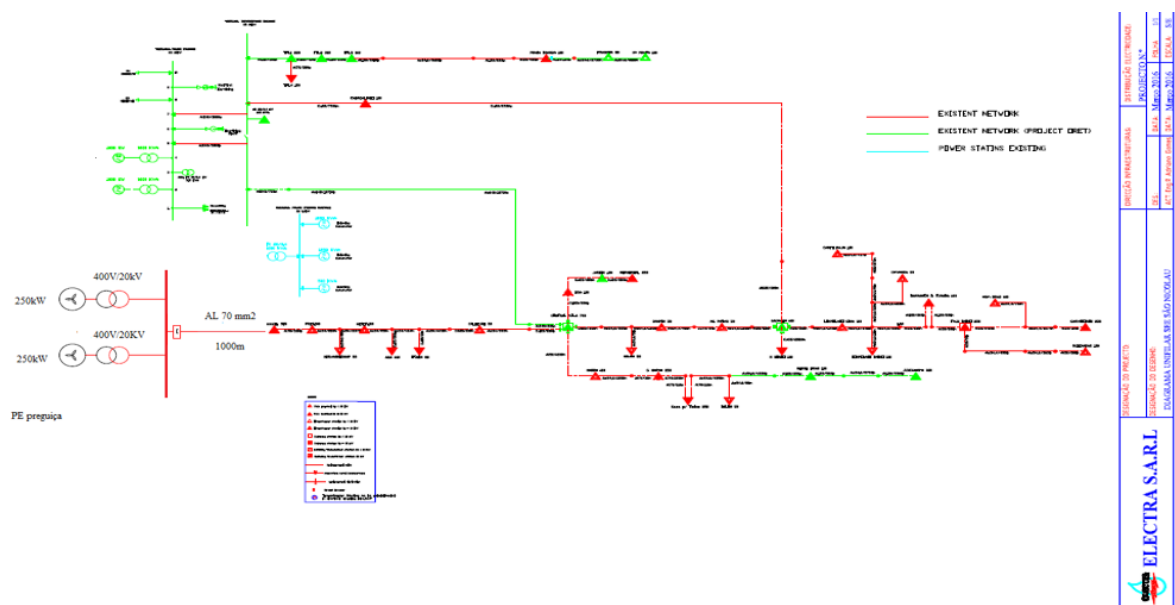


Figura 24 – Ligação do parque eólico na rede elétrica.

Na Figura 25 pode ver a ligação central eólica é composta por dois aerogeradores com potência nominal de 250 kW cada um. Os aerogeradores irão ser ligados em paralelo com a rede elétrica a uma distância entra de si de 140 m como mandam as regras. Assim, os aerogeradores terão de ficar 5 vezes o diâmetro do rotor de distância um do outro. Do parque eólico parte uma tensão de 400 V para a subestação onde a tensão será elevada para os 20 kV também será instalados quadros de proteção e 2 celas de contagem na entrada e 2 celas de contagem na saída na subestação dos aerogeradores. A interligação do PE com o PT do dessalinizador se feita com, cabo de alumínio 70 mm<sup>2</sup> de secção e com 1000 metros de comprimento A energia elétrica produzida no gerador é em corrente alternada e em uma frequência e voltagem variáveis. No entanto, essa energia não pode ser usada pelos aparelhos eletrônicos, os quais precisam de uma voltagem e frequência definida por isso na subestação terá também conversores eletrônicos de potência que controlam o máximo possível as variações de potência ou das tensões resultantes da natureza variável da geração eólica. Estes garantem que a tensão que chega aos transformadores esteja dentro dos parâmetros legais, reduzindo as oscilações.

## 8. Estudo da viabilidade económica do projeto

O estudo da viabilidade económica constitui uma parte importante na definição de projetos, em particular de projetos relacionados a fontes renováveis. Os principais parâmetros para o estudo da viabilidade de económica de um projeto eólico são:

P1 – Custos de investimento, incluindo, como por exemplo, custos auxiliares para a fundação e ligação à rede elétrica;

P2 – Custos de operação e manutenção;

P3 – Tendo de vida do aerogerador;

P4 – Taxa de desconto.

Os valores considerados para este trabalho são os seguintes:

V1 – Custo de investimento e instalação do aerogerador - 1200000€;

V2 – Custos de operação e manutenção - 1000000\$00;

V3 – Custos com um técnico da central – 650000\$00 (50000\$00/mês +1);

V4 – Taxa de desconto 6%.

### 8.1. Cálculo de amortização.

Neste subcapítulo é apresentado o cálculo da amortização, ou seja, o cálculo de como será feito pagamento periódico. Estes cálculos são apresentados na Figura 26.

Empréstimo:

1200000

Número de Meses:

10

Taxa de Juros (%):

6,00%

Período da Taxa:

Anual

Sistema de Amortização:

Tabela SAC

Calculadora

Calcular

#	Parcelas	Amortizações	Juros	Saldo Devedor
1	125.841,06	120.000,00	5.841,06	1.080.000,00
2	125.256,95	120.000,00	5.256,95	960.000,00
3	124.672,84	120.000,00	4.672,84	840.000,00
4	124.088,74	120.000,00	4.088,74	720.000,00
5	123.504,63	120.000,00	3.504,63	600.000,00
6	122.920,53	120.000,00	2.920,53	480.000,00
7	122.336,42	120.000,00	2.336,42	360.000,00
8	121.752,31	120.000,00	1.752,31	240.000,00
9	121.168,21	120.000,00	1.168,21	120.000,00
10	120.584,10	120.000,00	584,10	0,00
»	1.232.125,83	1.200.000,00	32.125,83	« TOTAIS

Figura 25- Cálculos o preço da amortização.

De acordo com os cálculos o preço da amortização da compra e instalação do parque eólico será de 1200000€, valor esse a ser amortizado em 10 anos. Assim, o valor anual da amortização será considerado para calcular quanto irá custar o kWh de energia gerado pelo parque eólico, dado por:

$$\frac{\text{Custo}}{\text{kWh}} = \frac{1200000\text{€}}{1629360\text{kWh/ano}} = 0,073\text{€/kWh}$$

Assim o custo de produção de um 1 kWh de energia será de 0,073€/kWh.

Ainda é possível calcular o número de anos de retorno do investimento na fatura em anexo podemos ver o quanto se gasta num mês mas isso depende muito do consumo de água da população segundo o chefe de serviço autónomo de Água o preço máximo que já se pagou 1200000\$00 por mês:

Custo total de eletricidade pago num ano=1200000\$00\*12 mês =14400000\$00 = 130909.09€

$$\text{Total anos de retorno} = \frac{\text{Custo total do orçamento}}{\text{Custo total de eletricidade pago durante um ano}}$$

$$\text{Total anos de retorno} = \frac{1200000\text{€}}{130909.09\text{€}} \cong 9,166 \cong 9 \text{ anos}$$

## 8.2. Impacto do preço do kWh no custo de produção e na bombagem de água

### 8.2.1. Custo de produção de água com energia eólica

No dia 10 de setembro de 2018 foi produzido 500 m<sup>3</sup> de água, onde para isso foi gasto o total 1522 kWh em 10 horas. Sabendo que 1 kWh custa 0.073€/kWh. Fazendo os cálculos, a energia necessária para produzir de 1 m<sup>3</sup> é dado por:

Considerando que 1€=110\$265

$$E_{P1m^3} = \frac{E_{P500m^3}}{500}$$

$$E_{P1m^3} = \frac{1522}{500}$$

$$E_{P1m^3} = 3,044 \text{ kWh}$$

Se para produzir 1m<sup>3</sup> de água, gasta-se 3,044 kWh é possível afirmar que produzir 1 m<sup>3</sup> de água custa:

$$Custo_{P1m^3} = E_{P1m^3} * Custo_{1kWh}$$

$$Custo_{P1m^3} = 3,044 * 8\$049$$

$$Custo_{P1m^3} = 24\$50$$

### 8.2.2. Custo de bombagem de água com energia eólica

No mesmo dia foi feita realizada a bombagem da zona da Preguiça até a zona de Caleijão, como pode-se observar na figura acima, cerca de 9 km durante 6 horas, gastando 974 kWh, tendo sido bombeados 240 m<sup>3</sup>. Fazendo os cálculos, a energia necessária para bombear 1 m<sup>3</sup> é dado por:

$$E_{B1m^3} = \frac{E_{B240m^3}}{240}$$

$$E_{B1m^3} = \frac{974}{240}$$

$$E_{B1m^3} = 4,058 \text{ kWh}$$

Se para bombear 1 m<sup>3</sup> de água gasta-se 4,058 kWh, é possível afirmar que bombear 1 m<sup>3</sup> de água custa:

$$Custo_{B1m^3} = E_{B1m^3} * Custo_{1kWh}$$

$$Custo_{B1m^3} = 4,058 * 8\$049$$

$$Custo_{B1m^3} = 32\$66$$

Portanto, para produzir e bombear 1 m<sup>3</sup> de água até Caleijão, onde a água será distribuída em gravidade, irá custar:

$$Custo_{Total1m^3} = Custo_{P1m^3} + Custo_{B1m^3}$$

$$Custo_{Total1m^3} = 24\$50 + 32\$66$$

$$Custo_{Total1m^3} = 57\$16$$

Com estes cálculos é possível identificar o impacto da produção eólica no preço, apresentando um valor concreto da relação entre 1 kWh de produção eólica e preço em 8\$049. É verificado uma diminuição do preço de kWh de energia em comparação com preço cobrado pela elétrica nacional, a Electra. Esta diferença de preços pode ter um grande impacto, principalmente na diminuição da fatura tornando, assim, a produção e bombagem de água da dessalinizadora de Preguiça sustentável, podendo mesmo existir um incremento da produção da mesma destinado a outros fins, como a agricultura, criando postos de trabalho que serão uma mais-valia para uma ilha que tarda em garantir um nível de vida superior às suas pessoas. Investimentos desta envergadura são sempre bem-vindos, já que o impacto, ainda que não quantificado, poderá ser relevante.

## **9. Conclusão**

Neste trabalho foi proposto um projeto para alimentação da dessalinizadora da Ilha de São Nicolau recorrendo a fontes renováveis.

A dessalinizadora está localizada na Preguiça, uma localidade com elevado potencial de exploração de recursos renováveis. Após discussão foi decidido optar pela energia eólica como fonte de energia, primeiro porque consegue oferecer energia por mais horas, por exemplo à noite, e depois porque complementarmente respeita as condições de terreno, particularmente de comprimento de rugosidade que é muito baixo.

O projeto foi definido como um sistema que alimenta uma central dessalinizadora, mas que está ligada à rede e em caso de excesso de produção de energia é possível vender energia à rede principal.

Para a realização deste trabalho houve uma certa limitação quanto às variáveis de entrada dos recursos endógenos, já que apenas foi possível encontrar valores de velocidade do vento para a média anual, resultado de trabalhos realizados anteriormente pela elétrica nacional.

Após a elaboração desse estudo é possível verificar uma grande diferença no preço de kWh ficando um projeto sustentável para CMRB podendo tirar muitos benefícios do projeto tendo em conta que o retorno do investimento na instalação são de 9 anos. Podemos concluir então que a energia eólica é uma grande aposta para o futuro em Cabo Verde ainda que neste momento seja necessário um grande investimento para o seu desenvolvimento.



## 10. Bibliográfica

Ministério de turismo, industria e energia, (2011), “*Atlas e projecto de energia renováveis de cabo verde*”.

Rui M.G castro, (2003), “*Introdução á energia eólica*”. Disponível em: [http://esa.ipb.pt/~jpmc/ArquivoEA/Eolica\\_ed2p1.pdf](http://esa.ipb.pt/~jpmc/ArquivoEA/Eolica_ed2p1.pdf)

CRESEB Ricardo Dutra” *Energia eólica principio e tecnologia*”. Disponível em: [http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial\\_eolica\\_2008\\_e-book.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_eolica_2008_e-book.pdf)

André L.S.C.; Caio Q.C.; Carlos E.P.S. ,”*Utilização das energias eólica e solar no dia-a-dia*”. Disponível em: <http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/viewFile/1805/983>

José B.S; Osório A.G;Youssef A., , (2011), “*Energia eólica*”. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/259868038>

Portal de Contabilidade. Disponível em: Imagens Google earth 31 /10 /18 as 14:52

ECREEE, (2011), Estudo de Caso PROJETO EÓLICO DA CABEÓLICA

Electra São Nicolau. Disponível em: <http://www.eletra.cv/>

Gesto energia solutions (2011). Plano energético renovável de cabo verde. Estudo do recurso eólico

Métodos físico-químicos param retirar o sal presente na água dos mares e oceanos. Disponível em: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/curiosidades/o-que-dessalinizacao-agua.htm>

(site de venda de equipamentos de energia renováveis). Disponível em: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/high-quality-top-grade-maglev-5kw-vertical-axis-wind-turbine-generator-energy-60601296600.html>

Energia eólica. Disponível em: <http://energiaeolicabr.blogspot.com/2011/12/tipos-de-turbina.html>

Consultores em Ambiente foi responsável pela elaboração da Due-Diligence Ambiental para a seleção de projetos. Disponível em: <http://noctula.pt/aerogerador-energia-eolica-vento/#!prettyPhoto>

Produtores de aerogeradores de 250Kw. Disponível em: <https://www.thewindpower.net/>

Energia eólica. Disponível em: <https://evolucaoalp.wordpress.com/2012/06/19/componentes-de-um-sistema-eolico/>

Especialista em tratamento de água. Disponível em: <http://www.aquaquimica.pt/produto/osmose-inversa/osmose-inversa-comercial>

## 11. Anexo

### 11.1. Anexo A



**ELECTRA NORTE, SA**

**Titular do Contrato / Local de Cons. (CIL):** 201636-101  
SERVIÇO AUTÓNOMO DE ÁGUA - RIBEIRA BRAVA  
ZONA Preguiça 3 RC  
PREGUIÇA

**Número de Contribuinte:** 200102737

**Número de Cliente / Conta:** 104510-001

**Unidade Comercial:** S. NICOLAU

Estimado Cliente:  
Solicitamos o pagamento desta fatura até à data limite abaixo indicada.

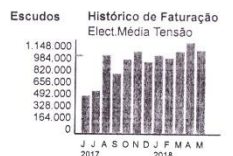
**FATURA**  
**2ª Via**

**SERVIÇO AUTÓNOMO DE ÁGUA - RIBEIRA BRAVA**  
**ZONA STANCHA DE BOCHE - Stancha 490 RC**

**VILA RIBEIRA BRAVA**  
**7500 VILA DA RIBEIRA BRAVA**

Página 1 de 1

Tipo de Cliente:		Autarquias		Tipo de Leitura: Empresa		Número de Fatura:		005180503017489	
Tarifa:		Média Tensão (MT)				Período de Faturação:		2018-04-26 a 2018-05-25	
Tipo de Consumo		Contador Nº	Leitura Anterior	Leitura Atual	Fator de Multiplicação	Consumo Anterior	Consumo Atual		
			2018-04-25	2018-05-25					
Activa		130447	1.183.299	1.221.426	1,00000	0,0	38.127,0 kWh		
Reactiva		130447	482.837	498.242	1,00000	0,0	15.405,0 kWh		
Descrição		Explicação de Valores			Faturado	Valor Unitário	Valor IVA		
Electricidade		30d x 1270,90/d			38.127,00	21,380000	815.155,00	4	
Perdas Ferro		C-252000=>0,770 x 24 Horas x 30d			554,00	28,720000	15.911,00	4	
Perdas Cobre		PFE-554=>(554+38127) x 1%			387,00	28,720000	11.115,00	4	
Reactiva		FP-FK-0,93;0,00=>38127 x 0,00				21,380000	0,00	4	
Taxa de Potência		C-252000=>0,480x252000x1,0 Meses			120.960,00	0,279960	33.864,00	4	
Taxa RTC		533,00 x 1,0 Meses			1,00	533,000000	533,00	0	
Fator de Potência		$1/\sqrt{1+(15405/38127)^2}=0,93$			0,93		0,00		
Contribuição IP		20000,0 x 4,55%			910,00	22,690000	20.648,00	4	
IVA 15%		898893,00x15,00/100					134.504,00		
IVA 0%		533,00x0,00/100					0,00		
					Total (Escudos) :		1.031.730,00		



Gasto médio diário em Escudos (364 dias): 29,22€

#### Mensagens

O não pagamento da dívida no prazo de 15 dias, após data limite de pagamento, implica a suspensão de fornecimento (Lei nº21/VIII/2012 de 19/Dez.)

PROCESSADO POR COMPUTADOR, CONSERVE ESTE DOCUMENTO.

Emitido pela ELECTRA NORTE, SA - NIF: 264112610

TALÃO DE CONTROLO

N.º Doc. Pagamento	Data de Emissão	Data Limite Pagamento	Total a Pagar
18070050100095599	2018-07-02	2018-08-01	1.031.730,00 Escudos

PAGÁVEL APENAS NOS BALCÕES ElectraNorte

Código Identificação do Local	N.º Doc. Pagamento	Data Limite Pagamento	Total a Pagar
201636-101	18070050100095599	2018-08-01	1.031.730,00 Escudos

Fatura de eletricidade de um mês

## 11.2. Anexo B

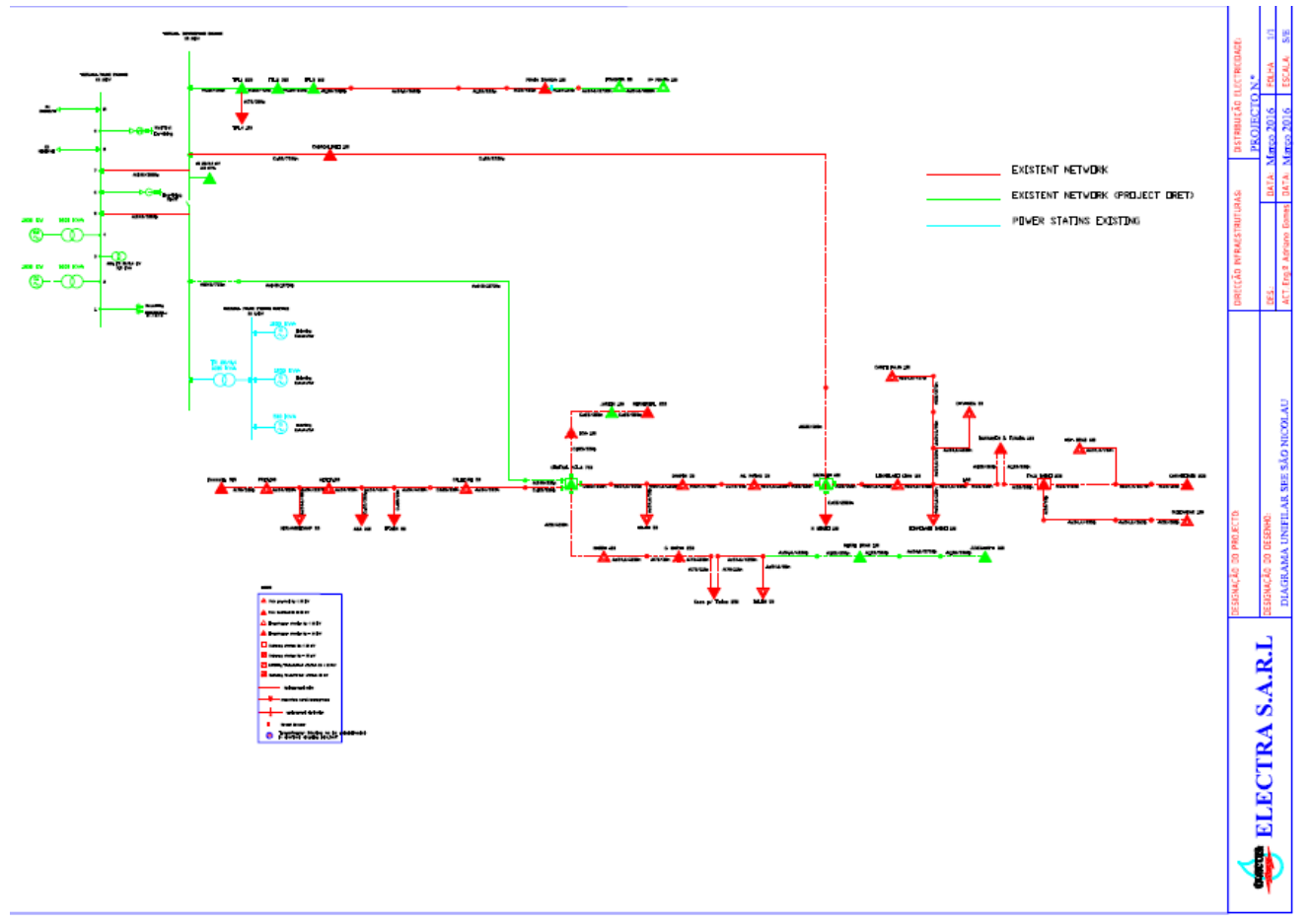


Diagrama unifilar da rede de media tensão da ilha de são Nicolau







